I. c.

Ergebnisse*)
der
in dem Atlantischen Ocean
von Mitte Juli bis Anfang November 1889
ausgeführten
Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung.
Auf Grund von
gemeinschaftlichen Untersuchungen einer Reihe von Fach-Forschern
herausgegeben von
Victor Hensen,
Professor der Physiologie in Kiel.

Bd. I. A. Reisebeschreibung von Prof. Dr. O. Krümmel, nebst Anfügungen einiger Vorberichte über die Untersuchungen.
B. Methodik der Untersuchungen von Prof. Dr. Hensen.
C. Geophysikalische Beobachtungen von Prof. Dr. O. Krümmel.
Bd. II. D. Fische, von Dr. G. Pfeffer.
E. a. Thaliaceen von M. Traustedt. b. Verbreitung und geographische Vertheilung von Dr. A. Borgert.
b. Pyrosomen von Dr. O. Seeliger.
c. Appendicularien von Dr. H. Lohmann.
F. a. Cephalopoden von Dr. Pfeffer.
b. Pteropoden von Dr. P. Schiemenz.
c. Heteropoden von demselben.
d. Gastropoden mit Ausschluss der Heteropoden und Pteropoden, von Dr. H. Simroth.
e. Acephalen von demselben.
G. a. α Halobatiden von Dr. Fr. Dahl.
β. Halocarinen von Dr. Lohmann.
b. Dekapoden und Schizopoden von Dr. A. Ortmann.
c. Stomatopoden und Isopoden von Dr. H. J. Hansen.
d. Ostracoden und Phyllopoden von denselben.
e. Amphipoden von Dr. Dahl.
f. Copepoden von demselben.
H. a. Rotatorien von Dr. L. Plate.
b. Alciopiden und Tomopteriden von Dr. C. Apstein.
c. Pelagische Polichaeten mit Ausschluss der Obigen von Dr. Apstein und J. Reibisch.
d. Sagitten von Prof. Dr. K. Brandt und Dr. S. Strodtmann.
e. Turbellarien von Prof. Dr. A. Lang, Haplodicen (Turbellaria acoela) von Dr. L. Böhmig.
J. Echinodermenlarven von Prof. Dr. J. W. Spengel.
K. a. Ctenophoren von Prof. Dr. C. Chun.
b. Siphonophoren von demselben.
c. Craspedote Medusen und Hydroidpolypen von Dr. O. Maas.
d. Akalephen von Dr. E. Vanhöffen.
e. Anthozoen von Prof. Dr. E. van Beneden.
Bd. III. L. a. Tintinnen von Prof. Dr. Brandt und Dr. R. Biedermann.
b. Holotriche und peritriche Infusorien, Acineten von Dr. Rhumbler.
c. Foraminiferen von demselben.
d. Thalassicollen, koloniebildende Radiolarien von Prof. Dr. Brandt.
e. Spumellarien von demselben.
f. Akantharien von demselben.
g. Monopylarien von demselben.
h. Tripylarien von Prof. Dr. Brandt und Dr. Borgert.
i. Taxopoden und neue Protozoen-Abtheilungen von Prof. Dr. Brandt.
Bd. IV. M. a. Peridineen von Dr. F. Schütt.
b. Dictyocheen von Dr. Borgert.
c. Pyrocysteen von Prof. Dr. Brandt.
d. Bacillariaceen von Dr. Schütt.
e. Halosphaereen von demselben.
f. Schizophyceen von Prof. Dr. N. Wille und Dr. Schütt.
g. Schizomyceten von Prof. Dr. B. Fischer.
N. Cysten, Eier und Larven von Dr. Lohmann.
Bd. V. O. Uebersicht und Resultate der quantitativen Untersuchungen, redigirt von Prof. Dr. Hensen.
P. Oceanographie des atlantischen Oceans unter Berücksichtigung obiger Resultate von Prof. Dr. Krümmel unter Mitwirkung von Prof. Dr. Hensen.
Q. Gesammt-Register zum ganzen Werk.

*) Die unterstrichenen Theile sind bis jetzt (Juni 1893) erschienen.

Geophysikalische Beobachtungen

der

Plankton-Expedition.

Von

Dr. Otto Krümmel,
Professor der Geographie in Kiel.

OCEANOGRAPHICAL LABORATORY

Mit 2 Karten.

KIEL UND LEIPZIG.
VERLAG VON LIPSIUS & TISCHER.
1893.

MBL/WHOI
0 0301 0053685 0

Ergebnisse der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung.
Bd. I. C.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY

Geophysikalische Beobachtungen

von

Dr. Otto Krümmel,
Professor der Geographie in Kiel.

Mit 2 Karten.

Kiel und Leipzig,
Verlag von Lipsius & Tischer.
1893.

MARINE BIOLOGIC
WOODS
LIBR
MAS

Einleitung.

Als ich den Entschluss fasste, der Aufforderung meines verehrten Kollegen Hensen zu folgen und an der Fahrt des National als ein Mitglied der Plankton-Expedition theilzunehmen, war mir durchaus klar, dass meine Arbeiten an Bord nur in geringem Zusammenhange mit den eigentlichen Aufgaben der Expedition stehen, also im Grunde nur solche Förderung erwarten konnten, wie sie nebensächlichen Dingen überhaupt zukommt. Ich ging also mit bescheidenen Hoffnungen an's Werk, suchte aber mit Instrumenten mich so vollständig auszurüsten, dass ich auch eine reichlichere Arbeitsmöglichkeit, falls sie sich einstellte, ausnutzen konnte.

Die Aufgaben, die ich mir stellte, gingen nach zwei Richtungen, sie waren meteorologische und oceanographische.

Die meteorologischen Beobachtungen sollten zunächst in der Führung eines Schiffsjournals der Seewarte bestehen, und zwar wie üblich, durch die Schiffsoffiziere. Der Kapitän Heeckt hatte von Anfang an abgelehnt, sich hierbei zu betheiligen, es kamen also nur die beiden Steuerleute Zühlcke und Petersen in Betracht, deren Dienst ohnehin so geordnet war, dass sie recht wohl am Ende jeder Wache die vorgeschriebenen Beobachtungen machen und in das Kladdejournal eintragen konnten. Zu diesem Zwecke sowie für meinen besonderen Gebrauch war der Plankton-Expedition durch die Direktion der deutschen Seewarte ein recht vollständiger Satz von Instrumenten übergeben worden, bestehend aus:

1) einem Psychrometergehäuse in Schlingergestell mit Schutzcylinder von weissgemaltem Blech, dazu

2) vier Thermometer A. G. vormals Greiner & Co., von denen Nr. 509 und 510 die ganze Reise hindurch benutzt wurden, während die anderen in Reserve blieben.

3) Ein Marine-Barometer Nr. 931 von Hechelmann.

4) Ein Maximum- und Minimum-Thermometer, die jedoch beide zu gross waren, um im Psychrometergehäuse angebracht zu werden, sodass sie unbenutzt blieben (vgl. 7).

5) Ein Rotationspsychrometer nach Kapt. Rung mit drei leichten Thermometern, von denen eines mit Gazehülle versehen und befeuchtet, also als Psychrometer gebraucht werden konnte. Der Apparat gerieth sofort bei der ersten Benutzung in Unordnung und ist überhaupt für den Gebrauch an Bord wenig geeignet. Ein Aspirationspsychrometer nach Assmann konnte damals leider nicht beschafft werden.

6) Zwei Wasserthermometer, von denen nur das eine von den Steuerleuten benutzt wurde.

7) Ein Haarhygrometer (D. S. V) nach Koppe; das ebenso wie die unter 4 erwähnten Thermometer ursprünglich dazu bestimmt war, im Chronometerkasten des Kapitäns angebracht zu werden. Nachdem jedoch die drei Chronometer darin aufgestellt waren, ergab sich, dass

kein Platz mehr für die genannten Instrumente darin übrig war, sodass für die im Chronometer-Journal vorgeschriebenen Temperaturbeobachtungen ein kleiner, aber ganz verlässlicher Thermograph nach Six in Kiel beschafft wurde. So sind die Thermometer und das Haarhygrometer vom Kapitän mir eingehändigt worden, aber beide nicht weiter zur Verwendung gekommen.

8) Ein Regenmesser in Schlingertisch, cardanisch aufgehängt. Regenmessungen an Bord sind selten, darum gewiss sehr erwünscht, aber sie sind noch schwieriger zu erhalten wie gute Lufttemperaturen. So war es nicht möglich, an Bord des NATIONAL einen Platz ausfindig zu machen, wo ein Regenmesser mit Erfolg hätte aufgestellt werden können. Das ganze Deck von der Kommandobrücke nach achtern war mit einem Sonnensegel überspannt. Auf dem Vorderdeck standen die Winchen und die zur Bedienung der Planktonnetze erforderlichen Apparate, die Trommeln mit dem Drahttau u. a., die überdies ebenfalls grösstentheils von einem Sonnensegel überspannt und bei unruhigem Wetter allem bei Seegang überkommenden Spritzwasser ausgesetzt blieben. Auf der grossen Vorderluke, die kein Sonnensegel trug, war durch das Hantiren mit dem Stahltau und den Netzen jeder Raum in Anspruch genommen und bei so tiefer Aufstellung des Gefässes die Gefahr unvermeidlich, bei der Spülung des Netzes Seewasser in die Oeffnung des Regenmessers zu erhalten. Der einzige Platz, der eine Zeit lang ernstlich in Erwägung kam, das Dach des Maschinenhauses, erwies sich doch als ungeeignet, da der beim Bedienen der Dampfwinchen vom Kondensator nicht verdichtete Wasserdampf dorthin entwich, sodass das Dach mit Wassertropfen bethaut war, überdies der Schornstein seinerseits feste Niederschläge den feuchten hinzuzufügen nicht verhindert werden konnte. Von der Kommandobrücke konnte keine Rede sein, da sie ohnehin sehr eng war, überdies auch gewöhnlich mit einem Sonnensegel bedeckt blieb. So musste der Regenmesser gleich in den ersten Tagen der Fahrt leider unbenutzt in den Tiefen des Raums verschwinden.

9) Ein Anemometer mit Gestelle, das unten näher beschrieben werden wird.

10) Ich selbst konnte dazu noch einen Wolkenspiegel nach Bezold fügen.

Die Ergebnisse dieser meteorologischen Bestrebungen sind enthalten 1) im meteorologischen Schiffsjournal, das der Seewarte eingeliefert wurde; wie im Reisebericht (A, S. 201) angegeben, ist es für die zweite Hälfte der Reise nicht ganz vollständig, da die nächtlichen Beobachtungen ausfallen mussten; 2) in meinem unten folgenden Sonderbericht, der sich auf die Beobachtungen am Anemometer und an den oberen Wolken und auf einige Bemerkungen über das Wetter in den Rossbreiten und den Seewind bei Pará bezieht.

Für oceanographische Zwecke verfügte die Expedition über folgende Hilfsmittel.

Durch die Güte des Reichsmarine-Amts haben wir erhalten:

1) eine Lotungsmaschine nach Sigsbee, angefertigt 1881, dieselbe, die im Handbuch der Nautischen Instrumente des Hydrographischen Amts beschrieben und abgebildet ist.

2) Acht Umkehrthermometer von Negretti und Zambra in London, davon nur zwei in Magnaghischem Rahmen, die andern in Holzgehäuse mit Schrotballast. Die Korrektionen dieser Instrumente waren unbekannt, und wurden demgemäss am 27. und 28. Mai 1889 durch Vergleich mit dem vortrefflichen Normalthermometer (bezeichnet: J. G. Greiner Juli 1856) des Physikalischen Instituts der Universität Kiel von mir persönlich festgestellt.

Dazu kam noch ein von Steger in Kiel geliefertes Umkehrthermometer. Leider gab es keine Möglichkeit, die Einwirkung des Wasserdrucks auf den Stand dieser neun Thermometer zu bestimmen. Zwar sind sie durch die bekannte mit Quecksilber gefüllte Glashülse über dem Bulbus gegen zu grobe Störungen durch den Druck der Wassermassen in der Tiefe geschützt, aber eine vollständige Kompensation des Drucks ist keineswegs erreicht. So konnten also nur angenähert verlässliche Temperaturbestimmungen mit diesen Instrumenten erhalten werden, wenn es sich auch in den meisten Fällen, wo sie überhaupt verwendet wurden, um Tiefen von weniger als 500 m gehandelt hat.

3) Zwei Schöpfflaschen nach Sigsbee, von Bamberg in Berlin angefertigt; sie erwiesen sich als zu klein und meist undicht.

Durch die Ministerialkommission zur Erforschung der deutschen Meere erhielt ich:

4) einen reichlichen Vorrath von Glas-Aräometern vom sogen. kleinen Satz zur Bestimmung des specifischen Gewichts des Seewassers. Diese wurden indess meist als Reservevorrath behandelt, und die regelmässigen Beobachtungen mit drei sehr guten Instrumenten des sogen. grossen Satzes, von Steger für das Geographische Institut geliefert, ausgeführt.

Aus eigenen Mitteln der Expedition liess deren Leiter beschaffen:

5) Pipetten, Büretten und Chemikalien zur Chlortitrirung des Seewassers.

6) Ein Differential-Refraktometer, das nach Angaben von Hensen und mir durch Karl Zeiss in Jena unter besonderer Aufsicht von Prof. Abbe hergestellt wurde und ebenfalls zur Bestimmung des Salzgehalts des Seewassers dienen sollte.

7) Eine weiss gemalte Segeltuchscheibe von 2 m Durchmesser, um die Durchsichtigkeit des Seewassers damit zu beobachten. Ein dazu gehöriger Blechtubus, durch den von Deck aus das Verschwinden der Scheibe im Wasser beobachtet werden sollte, erwies sich als noch unhandlicher wie die grosse Scheibe selbst, sodass beide nur zweimal Verwendung fanden, während sonst zum Ersatz die weissen Frieskegel der Planktonnetze mit dem Auge im Wasser beim Versenken verfolgt wurden.

Ferner wurden mir noch zur Verfügung gestellt:

8) eine Farbenskala von Prof. F. A. Forel in Morges, zur Beobachtung der Farbe des Meerwassers.

9) Ein Aneroid (R Nr. 40644) mit einer Art Mikrometer-Ablesung von Herrn Dr. G. Neumayer, dem Direktor der Seewarte; um Wellenhöhen damit zu messen.

10) Ein Schöpfapparat eigner Erfindung von Dr. G. Neumayer, um Wasserproben aus einer Tiefe von 3 m zu entnehmen. Dieser Apparat wurde, da ein bedauerliches Missverständniss bei seiner Anwendung vorkam, nur ein einziges Mal noch im Belt ohne Erfolg benutzt; es gelang nicht, ihn zum Versinken zu bringen, während das Schiff in Fahrt war. Er erweckt übrigens dadurch Bedenken, dass er nur sehr schwierig und umständlich zu reinigen ist, also den subtilen Beobachtungen, denen er dienen soll, kaum entspricht. An sich verdient der Gedanke, das zur Bestimmung des Salzgehalts dienende Wasser nicht unmittelbar von der Oberfläche, sondern aus einer Tiefe von 3 bis 5 m zu schöpfen, wo die Wirkungen zufälliger Regengüsse nicht mehr stören, durchaus Beachtung, nicht weniger das Princip, das dem von

Dr. G. Neumayer erdachten Apparate zu Grunde liegt, nämlich dass der Wasserdruck bei der bestimmten Tiefe sich selber den Zutritt zu dem bis dahin nur lufterfüllten Schöpfgefäss eröffnet.

Dass die oceanographischen Resultate der Plankton-Expedition nicht so ergiebig ausgefallen sind, wie ich sie selber gewünscht hätte, lag in Umständen, über die weder ich noch der Leiter der Expedition irgendwelche Macht hatten. Wie bereits in der Reisebeschreibung bemerkt werden musste, leistete unser National an Fahrgeschwindigkeit im Seegang des Oceans bei Weitem nicht, was uns von seinen Reedern in Aussicht gestellt war: er lief nicht 9 bis $9^1/_2$ Knoten, sondern meist nicht einmal 8, oft kaum 7 Knoten. Um mit einem so langsamen Schiff die geplante Tour ganz in der gegebnen Zeit zu vollenden, musste an allen zeitraubenden Arbeiten das irgend Entbehrliche gespart, das Ueberflüssige, nicht zur Planktonfischerei gehörige, möglichst ganz unterlassen werden. Hätte, wie ich erwarten durfte und Hensen es auch geplant hatte, täglich nur einmal je eine Stunde des Aufenthalts lediglich für oceanographische Zwecke verwendet werden können, so wären die Ergebnisse wohl reichhaltiger geworden. Unter den obwaltenden Umständen aber blieb nichts übrig als mit der Planktonfischerei zugleich soviel nur möglich auch oceanographische Beobachtungen zu verbinden. So wurde über den Planktonnetzen ein Umkehrthermometer, öfter auch unter den Netzen eine Schöpfflasche befestigt, nachdem anfängliche Bedenken beseitigt waren, deren oberstes ebenfalls schon im Reisebericht erwähnt ist: die Accomodationszeit der Thermometer (vgl. A, S. 114).

Auf Einzelnes wird gelegentlich noch in dem zweiten Theil des nachfolgenden Berichts einzugehen sein, der der Reihe nach behandeln wird: die Tiefenlotungen, die Tiefentemperaturen, die Messung des Salzgehalts an der Oberfläche und in der Tiefe, die Untersuchung der Meeresfarbe, sowie die Beobachtungen an Wellen. Uebrigens wird nach dem Gesammtplane, der den »Ergebnissen der Plankton-Expedition« zu Grunde liegt, im Schlussband (Lit. P, Bd. V) des ganzen Werkes noch einmal der Oceanograph das Wort zu nehmen haben, um, gestützt auf die alsdann zu übersehende geographische Verbreitung des Planktons, dieses Komplexes der interessantesten Triftkörper des Meeres, das bisher gültige Bild der Meeresströmungen im Atlantischen Ocean nördlich von 10° S-Br. einer Revision zu unterwerfen, sowie andere oceanographische Schlussfolgerungen daraus zu entnehmen. Wie schon jetzt gesagt werden darf, wird insbesondere in der Irmingersee manches an den jetzt üblichen Strombildern zu ändern sein, etwa in der Weise, wie ich es auf der Stromkarte zu der neuesten Auflage von Richard Andrees Handatlas (Taf. 7) und durch die Richtung der Strompfeile der dieser Abtheilung beigegebenen Karten angedeutet habe.

Endlich kann ich nicht umhin, dem Direktor der deutschen Seewarte, Herrn Geh. Admiralitätsrath Prof. Dr. G. Neumayer, auch an dieser Stelle noch meinen aufrichtigen Dank zu sagen für die ausserordentliche Bereitwilligkeit, mit der er mich für die Plankton-Expedition mit Instrumenten und Instruktionen aller Art, sowie mit handschriftlichem Material aus seinem wie der Seewarte Archiv, unterstützt hat. Ohne sein weites Entgegenkommen hätte meine eigene persönliche Thätigkeit auf der Fahrt wenig befriedigend für mich ausfallen können; womit ich nicht sagen will, dass ich von den im nachfolgenden Bericht enthaltenen Leistungen etwa selber besonders befriedigt wäre.

Erster Theil.

Meteorologische Beobachtungen.

§ 1. Beobachtungen mit dem Anemometer.

Nicht mit Unrecht hat man es immer sehr verwunderlich befunden, dass ein so wichtiges meteorologisches Element wie die Windstärke, an Bord und auf den meisten Landstationen nur durch eine subjektive Schätzung nach der bekannten sogen. Beaufortskala, nicht durch exakte Messung, gewonnen wird. Die Auswerthung der einzelnen Skalentheile nach Beaufort in Meter pro Sekunde beschäftigt daher die Meteorologen beständig. Eine volle Einigkeit ist bisher noch nicht erzielt worden, wird auch wahrscheinlich überhaupt nicht als möglich sich erweisen, da hier, wie Köppen und Mohn überzengend dargelegt haben, mancherlei der subjektiven Erfahrung der einzelnen Beobachterkreise entsprungene Einwirkungen mit im Spiel sind. Auf alle Fälle musste die Gelegenheit einer Seefahrt, wie sie mir auf dem National bevorstand, zu einem Vergleiche der wirklich mit einem Anemometer gemessnen Windgeschwindigkeit mit der gleichzeitig nach der Beaufortskala abgeschätzten Windstärke benutzt werden. Herr Geh. Admiralitätsrath Dr. Neumayer ging auf meinen Wunsch, mir ein kleineres Anemometer (ich hatte das Reise-Anemometer mit Schalenkreuz von Fuess in Berlin mir vorzuschlagen erlaubt) mitzugeben, nicht nur auf's bereitwilligste ein, sondern beauftragte den Mechaniker der Seewarte, Herrn Zschau, mit der Anfertigung einer besonders zum Bordgebrauch bestimmten Anemometervorrichtung. Diese wurde mir dann Anfang Juli von der Seewarte eingehändigt und nach Ankunft des National in Kiel sofort auf der Kommandobrücke aufgestellt.

Der Apparat bestand aus einem kleinen Schalenkreuz-Anemometer (Nr. 103 der Seewarte), wie es die Beamten der Seewarte bei ihren Inspektionsreisen zur Kontrole der Stations-Anemometer zu verwenden pflegen und wie es die deutsche Polar-Kommission ihren Expeditionen mitgegeben hatte. Das Schalenkreuz schliesst nach jeder fünfhundertsten Umdrehung einen Kontakt, der eine Klingel in Bewegung setzt. Die Zeitintervalle zwischen jedem Kontakt sind um so kürzer, je grösser die Windgeschwindigkeit. Eine nach empirischen Vergleichen am Combe'schen Apparat der Seewarte erhaltene Tabelle, die für jede Sekunde des Intervalls die zugehörige Windgeschwindigkeit in Meter p. S. ersehen liess, war dem Anemometer beigegeben.

Die besondere Herrichtung für den Bordgebrauch bestand nun in einem 2,50 m hohen Galgen (Davit) aus hohlem Gusseisen, dessen obere Hälfte in der ebenfalls hohlen untern Hälfte

vertikal mit einer Triebstange und Kurbel auf und ab bewegt werden konnte. Die Zahnstange ermöglichte so, das am Ende des Davits angebrachte Anemometer einen vollen Meter höher in die Luft hinauf zu schieben; es stand dann $3^1/_2$ m über der Deckfläche der Kommandobrücke und ragte um mindestens 0,6 m über jedes etwa vorhandene Sonnensegel hinaus. Das Anemometer selbst war auf einer cardanisch eingehängten runden Holzscheibe befestigt. Ein unter dieser angebrachtes Gegengewicht verbürgte also auch bei starken Schiffsschwankungen stets eine senkrechte Stellung der Anemometeraxe. Die Leitung des Kontaktes ging von der Schalenkreuzaxe zunächst durch einen isolirten Kupferdraht in den (hohlen) beweglichen Davit hinein und ganz in diesem hinunter, dann ausserhalb desselben wieder in die Höhe zu dem in einem Holzkasten in etwa 1 m Höhe über dem Boden angebrachten Element. Die zweite Leitung war durch die Schrauben der cardanischen Aufhängung und den Metallkörper des Davits gegeben; sie erwies sich aber auf die Dauer nicht als leistungsfähig. Schon nach dreiwöchentlichem Gebrauch war durch die feuchte Seeluft so viel Grünspan an den Schraubenspitzen der cardanischen Aufhängung vorhanden, dass die Fähigkeit der Leitung vermindert und bald ganz geschwunden war. Es musste nach mannigfachen misslungenen Versuchen endlich in der einfachsten Weise Abhilfe geschafft werden, indem vom Anemometer direkt ein zweiter isolirter Kupferdraht zum Läutewerk hinunter geführt wurde. Das half dann allen diesen Schwierigkeiten sofort ab. Dagegen liessen andere Missstände sich nicht beseitigen, wodurch leider der Gebrauch des Apparats auf der Reise erheblich eingeschränkt bleiben musste.

Der ganze Davit nämlich, der ein Gewicht von ungefähr zwei Centnern, bei einer Gesammtlänge von 3 m hatte, ruhte in einem hohlen 20 cm hohen Schuh, der mit drei Holzschrauben auf dem Deck der Kommandobrücke zu befestigen war. Vorgesehen waren zwei Aufstellungen des Apparats: die eine an der vorderen Ecke des Backbordendes der Brücke, die zweite an der entsprechenden des Steuerbordendes. Die Bohlen des Decks der Brücke waren unter dem Schuh durchbohrt, um beim Herabschrauben des beweglichen Davits dessen unterm Stück Bahn zu schaffen. Da beide Aufstellungen gerade über den Kloseträumen erfolgten, die an Backbord über dem der Leute, die an Steuerbord über dem des Kapitäns und der Gelehrten, so konnte der so herunter geschobene Theil des Davits recht wohl als vor Beschädigungen geschützt gelten. Der ganze Davit war in dem Schuh drehbar um seine vertikale Axe, doch wurde durch Rost, Kohlenstaub, Russ und Flugwasser diese Drehbarkeit schon nach 14 Tagen arg vermindert, sodass sich nach dem ersten Kohlentrimmen in Bermudas eine gründliche Reinigung in der Sargassosee nothwendig erwies. Von da an auf's Eifrigste geübtes Talgen und Oelen erhielt dann fernerhin die erwünschte Drehbarkeit. Die anfängliche Absicht war nun, den ganzen Anemometer-Apparat je nach dem Winde bald auf der Backbord-, bald auf der Steuerbordseite in den dort angeschraubten Schuh einzusetzen und zu benutzen, jedenfalls so, dass er immer an der Luvseite stand. Den langen und schweren, aus seinem Schuh nur unter Hebelkraft zu hebenden Apparat zu verpflanzen, ging aber über die Kräfte eines Einzelnen; die Hoffnung auf die Hülfe des Unterpersonals der Expedition oder auf die der Schiffsmannschaft erwies sich als ganz hinfällig. Die Leute hatten sämmtlich genug Arbeit.

Da der Apparat auf den Wunsch des Kapitäns anfangs an der Backbordseite aufgestellt worden war, so ist er da bis gegen das Ende der Reise geblieben, und der an der Steuerbordseite angebrachte Schuh ist gar nicht benutzt worden. Von diesem letzten Platze aus überwachte nämlich der Kapitän während der Planktonfischerei das Versenken der Netze und gab von dort aus die nöthigen Befehle zum Mann am Ruder oder nach der Maschine. Diesen Platz zu verengen war daher nicht gerathen, um so weniger, als ohnehin die Kommandobrücke für den wachthabenden Steuermann und den Kapitän, denen bei Tage sich noch wenigstens zwei, oft vier oder fünf der „gelehrten Herren" zugesellten, keinen überflüssigen Raum darbot. Als sich nach dem Verlassen der Açoren der Kapitän an der Backbordseite der Kommandobrücke ein sog. Schutzsegel gegen Wind und Flugwasser angebracht hatte, war ihm das Anemometergerüst dort im Wege und er verlangte kategorisch die Entfernung desselben, was dann auch mit Bedauern geschehen musste.

Es war mein Plan, das Anemometer vorzugsweise bei stillstehendem Schiff zu benutzen, wo eine Schätzung der herrschenden Windstärke sich unbeirrt durch die Fahrt des Dampfers vornehmen liess; daneben aber auch während der Fahrt bei guter Gelegenheit Messung und Schätzung der Windstärke zu vergleichen.

Das erste Ziel konnte nur unvollständig erreicht werden. Da die Netze an der Steuerbordseite über Bord gefiert wurden, war Steuerbord auch Luvseite, Backbord aber, wo das Anemometer stand, Leeseite. So lange also das Schiff während der Planktonfischerei in solcher Stellung frei trieb, konnten einwandfreie Beobachtungen mit dem Anemometer nicht erhalten werden; sie sind daher auch im Allgemeinen dann unterblieben. In der Minderzahl der Fälle aber wurde der Dampfer mit Hilfe von Ruder und Schraube mit dem Kopf gegen den Wind gehalten, und zwar gewöhnlich bei kräftigerem Wind. Anemometerbeobachtungen in solchen Zeiten hatten aber in sofern wieder eine Fehlerquelle, als der Dampfer dann selbst eine wenn auch schwache, aber doch in unregelmässigen Zwischenräumen gesteigerte, geminderte oder ganz unterbrochene Eigenbewegung besass. Diese genau zu eliminiren fehlte oft jeder Anhalt. Aber auch bei völlig sich selbst überlassenem Schiff, wie es bei ruhigem Wetter nicht selten vorkam, zeigte sich gelegentlich doch eine so starke Abtrift durch den Strom, dass die Grundvoraussetzung dieser Anemometerbeobachtung: feste Aufstellung der Anemometeraxe, nicht mehr zutraf (vgl. unten unter Nr. 12 oder auch 34 zwei extreme Fälle).

Die zweite Art der Anemometerbeobachtungen, bei Schiff in Fahrt, erschien auch nur dann einwandfrei, wenn Backbord Luvseite war. Denn da während fast der Hälfte aller in offner See zugebrachten Tage am Fockmast des NATIONAL Segel standen, so gab es von dort nach dem Anemometer hin reflektirte Luftmassen, sobald der Wind von Steuerbord einkam. Aber auch sonst gab schon die Takelung des Fockmasts, das Fischereigeschirr am Baum über der grossen Luke, das Sonnensegel der Kommandobrücke und deren massive Vorderwand beim starken Schlingern des nur halb beladnen Schiffs Ablenkungen der Luftbahnen, die auf das Verhalten des Anemometers nicht nur während der Fahrt, sondern auch bei treibendem Schiff eingewirkt haben können. Nicht zu übersehen ist auch der periodische Stoss der Wellen auf den in Fahrt begriffnen Dampfer.

Die in diesem zweiten Falle während der Fahrt des Dampfers erhaltnen Anemometerangaben entsprechen aber nicht der wahren Windgeschwindigkeit, sondern bedürfen einer Korrektion, die vom Kurswinkel Θ zwischen Schiffskiel und Wind, sowie von der Fahrtgeschwindigkeit s des Schiffes abhängt. Nennt man die vom Anemometer angezeigte Windgeschwindigkeit a, die wahre Windgeschwindigkeit w (alles in Meter p. s.), so ergiebt sich nach dem Parallelogramm der Kräfte:

$$a^2 = s^2 + w^2 - 2\, s\, w\, cos\, \Theta.$$

Setzt man nun $s\, cos\, \Theta = n$, so erhält man die wahre Windgeschwindigkeit

$$w = \sqrt{n^2 + a^2 - s^2} + n.$$

In dem einen extremen Falle, wo der Wind mit dem Schiffe läuft oder $\Theta =$ Null ist, wird $cos\, \Theta = 1$, also $n = s$, somit:

$$w = \sqrt{s^2 + a^2 - s^2} + s = a + s.$$

In dem andern Falle, wo das Schiff genau gegen den Wind läuft, also bei $\Theta = 180^0$, wird $n = -s$; folglich

$$w = \sqrt{s^2 + a^2 - s^2} - s = a - s.$$

In einem dritten Fall, wo $\Theta = 90^0$ oder 4 Strich, wird $n =$ Null, also:

$$w = \sqrt{a^2 - s^2}.$$

Die Berechnung für die übrigen Werthe von Θ wird dadurch leicht vereinfacht, dass man sich eine Tabelle der natürlichen Kosinus für die 16 ganzen Kompassstriche (ein Strich $= 11^0\ 15'$) zwischen 0^0 und 180^0 entwirft; selbst wenn man auch diese Kosinus mit 2 Decimalen einschreibt, so kann doch die logarithmische Rechnung jedenfalls ganz vermieden werden, indem man Quadrattafeln, wie sie beispielsweise den Bremicker'schen vierstelligen Logarithmen beigegeben sind, zur Hand nimmt.

Zur Bestimmung der Zeitintervalle diente theils ein Chronograph, der 0.1^s sehr sicher abzulesen und 0.2^s zu arretiren gestattete, theils meine sehr gute Taschenuhr (ein Werk des alten Patek in Genf, vor der Reise sehr genau regulirt, sodass der tägliche Gang unter $+ 3.0^s$ war), deren Sekundenzifferblatt 15 mm Durchmesser und einen recht gut centrirten Zeiger hatte. Da der Kontakt etwa 12 Umläufe des Schalenkreuzes dauerte und das Läutewerk bei grosser Windstärke bis zu 0.2^s, bei schwächerer 0.5^s und länger spielen liess, so musste der Beginn des Kontaktes als Grenze der Intervalle gesetzt werden. Uebrigens erschien eine Genauigkeit der Intervalle bis auf eine halbe Sekunde im Allgemeinen ausreichend.

Ich lasse nun das Verzeichniss der unterwegs von mir erhaltnen Anemometerangaben folgen, indem ich jedesmal die gleichzeitig geschätzte Windstärke nach der Beaufortskala (Bf.) hinzufüge.

1) Am 19. Juli 1889, 10 h. a. m., in $58^0\ 41.1'$ N, $6^0\ 33.5^0$ WL während des Planktonzuges, bei vollkommen frei treibendem Schiff, betrug das Intervall $3^m\ 40^s$, was nach der Tabelle $w = 2{,}32$ m. p. s. ergiebt. Ganz leichte Dünung. Wind: NW, Stärke 1.

2) Am 20. Juli, 6 p. m. in 59° 25′ N, 13° 27′ W bei frei treibendem Schiff wurden drei Intervalle bestimmt:

i . . . . . =	$1^m\ 38^s$	$1^m\ 10^s$	$1^m\ 27^s$
w . . . . . =	4.76 m. p. s.	= 6.48	= 5.30
Wind geschätzt . . . . . =	N, 4—3 Bf.	N, 4 Bf.	N, 4 Bf.

Das Mittel der beiden letzten Intervalle ist $= 1^m\ 18.5^s$ oder $w = 5.83$ m. p. s.

3) Am 21. Juli. um 8 a. m., in 59° 44′ N, 16° 51′ W, während der Dampfer mit mw. NW-Kurs $8^1/_4$ Knoten (= 4.2 m. p. s.) lief, wurde der Wind (mw.) N Stärke 5 Bf. geschätzt. Das Anemometer ergab in zwei Intervallen 37.5 Sekunden oder $a_1 = 11.77$ m, und 34.5^s oder $a_2 = 12.78$ m. Nach der Formel wird bei $\Theta = 12$ Strich für die erste Messung $w_1 = 8.44$ m, für die zweite $w_2 = 9.37$, im Mittel = 8.90 m. p. s. Die Windstärke war den Vormittag über im Steigen und wurde Mittags zu 6 Bf. geschätzt. Der Seegang störte nicht.

4) Am 23. Juli, Nachm. 6, stoppte das Schiff in 60° 12′ N, 28° 18′ W bei böhigem Wetter und stossweise zunehmender Windstärke. Es wurden folgende Intervalle während und nach einer Böhe am Anemometer genommen. Der Seegang war mässig bis schwach.

1) NW, Stärke 6, Anem. 46.2^s = 9.69 m. p. s.
2) „ , „ 4, „ $1^m\ 2^s$ = 7.31 „
3) „ , „ 4—3, „ $1^m\ 23^s$ = 5.54 „
4) NW, Stärke 4—3, Anem. $1^m\ 57^s$ = 4.05 m. p. s.
5) „ , „ „ , „ $1^m\ 51^s$ = 4.21 „
6) „ , „ „ , „ $1^m\ 36^s$ = 4.86 „

Das Mittel der vier letzten Intervalle ist $= 1^m\ 41.8^s$ oder $w = 4.59$ m. p. s.

5) Am 25. Juli, Vormittags 9 Uhr stoppte der Dampfer in 60° 5′ N, 36° 47′ W bei ENE[1]), Windstärke 2 Bf. Das Anemometer gab die zwei unmittelbar aufeinander folgenden Intervalle $2^m\ 17.5^s$ und $2^m\ 18^s$ oder 3.49 m. p. s.

6) Am 31. Juli, Vormittags 9 Uhr, wurde gestoppt in 46° 51′ N. 51° 47′ W, der Wind wurde geschätzt W, 5 Bf., der Seegang war schwach (2—3); die Anemometerintervalle folgten ununterbrochen so aufeinander:

	42^s	41^s	43^s	38^s	39^s	39^s	Mittel 40.3^s
oder	10.59	10.85	10.34	11.61	11.35	11.35,	„ 11.05 m. p. s.

7) Am 31. Juli, Nachmittags 2 Uhr, während der Dampfer mit 7 Knoten (3.6 m. p. s.) Fahrt nach mw.[2]) SWzW läuft, lasse ich bei mw. W Stärke 5 Bf. das Anemometer gehen und erhalte die Intervalle 35.0^s und 35.7^s, woraus sich zunächst $a = 12.62$ und 12.39 m ergiebt. Daraus sind als wahre Windgeschwindigkeit, für $\Theta = 13$ Strich, 9.70 und 9.47, im Mittel = 9.60 m. p. s. zu berechnen. Der Seegang war ohne Einfluss.

8) Am 4. August, Nachm. $3^1/_2$ Uhr, in 37° 12′ N, 59° 47′ W lief der Dampfer nach rw. S 38° W mit $8^1/_2$ Knoten (4.4 m. p. s.), während der Wind rw. S, $3^1/_2$ Bf., der Seegang ganz unbedeutend war. Das Anemometer ergab die nachstehende continuirliche Reihe von zehn Intervallen:

i =	40.5^s	40.5	44.0	43.5	43.7	44.3	46.0	43.0	46.0	46.0
a =	11.02	11.02	10.17	10.26	10.22	10.09	9.74	10.34	9.74	9.74
w =	7.27	7.27	6.30	6.40	6.35	6.22	5.86	6.47	5.86	5.86

Das Mittel aus allen zehn Beobachtungen ist 43.75^s oder $a = 10.21$ und $w = 6.34$ m. p. s.

[1]) Entsprechend den internationalen Abmachungen ist Ost abgekürzt durch E gegeben.

[2]) mw. = missweisend; rw. = rechtweisend.

9) Am 21. August, Nachmittags 1 Uhr in 28° 46′ N, 34° 42′ W wurden, nachdem das Anemometer sich über eine Woche hindurch nicht gangbar erwiesen hatte, nach gelungner Reparatur wieder zwei brauchbare Intervalle erhalten. Der Dampfer lief bei fast unbewegter See Kurs nach SSE $7^1/_2$ Knoten (= 4.0 m. p. s.), der Wind war EzS Stärke 3 Bf., also $\Theta = 11$ Strich, $\cos\Theta = -0.56$. Das erste Intervall von $1^m\,4^s$ giebt $a = 7.10$ und $w = 4.04$ m, das zweite von $1^m\,5^s$ giebt $a = 7.00$ und $w = 3.93$ m. p. s.

10) Am 23. August, Mittags 12 Uhr, in 25° 7′ N, 31° 32′ W wurde, während der Dampfer bei noch sehr schwachem, aber zunehmendem Seegang mit 8 Knoten (4.1 m. p. s.) Fahrt nach mw. SSE lief und der Passat aus mw. E mit Stärke 6 wehte, das Anemometer versucht. Der Kontakt schien wieder nicht in Ordnung, indem die Intervalle so aufeinander folgten: $1^m\,11^s$, $0^m\,27^s$, $1^m\,0^s$. Das mittelste Intervall ist wahrscheinlich gut, die andern beiden enthalten in Wirklichkeit wohl zwei Intervalle. Für 27.0^s ergiebt sich $a = 16.12$ m und bei $\Theta = 10'$, $\cos\Theta = -0.38$, als entsprechende Windgeschwindigkeit $w = 14.11$ m. p. s.

11) Nachdem statt der ungenügenden Leitung durch das eiserne Gerüst des Anemometers eine direkte Zuleitung von isolirtem Kupferdraht zwischen Kontakt und Element angebracht war, gab das Instrument wieder gute Intervalle. Am 26. August, Vormittags 10 Uhr, in 18° 55′ N, 26° 24 W lief der Dampfer nach mw. SEzS 9 Knoten (= 4.7 m. p. s.), der Wind war mw. EzN Stärke 4 bis 5 Bf., also $\Theta = 10$ Strich. Es ergab sich folgende continuirliche Reihe von 10 Intervallen:

$i =$	36.5	39.3	37.3	37.9	37.0	37.0	36.0	40.0	37.5	37.5
$a =$	12.11	11.27	11.84	11.64	11.94	11.94	12.28	11.10	11.77	11.77
$w =$	9.70	8.80	9.42	9.20	9.53	9.53	9.89	8.62	9.34	9.34

Das Mittel aus den zehn Einzelwerthen ist 37.6^s oder $a = 11.74$ und $w = 9.31$ m. p. s. Der Dampfer rollte auf dem mässigen Seegang, obwohl alle Stagsegel und das Schunersegel am Fockmast standen.

12) An demselben Tage (26. August), Nachmittags $1^1/_2$ Uhr, wurde, während das Schiff zum Loten still lag, in 18° 36′ N, 26° 2′ W, das Anemometer an der Luvseite abermals versucht. Der Wind war EzS, Stärke 4 Bf., Seegang mässig bis schwach. Es ergaben sich folgende unmittelbar aneinander schliessende Intervalle:

$i =$	59.0	58.0	57.0	59.0	63.0	63.0	59.0	60.5	59.5	62.0
$a =$	7.68	7.77	7.94	7.68	7.20	7.20	7.68	7.50	7.60	7.32

In diesem Falle ist aber a nicht $= w$, der wahren Windgeschwindigkeit, da das Schiff eine auffallend grosse Abtrift zeigte, eine so grosse, dass der Kapitän sich entschloss, sie mit der gewöhnlichen Handlogge zu messen. Er fand sie zu genau 1 Knoten in der Stunde oder 0.5 m. p. s. Darum sind obige Werthe jeder um 0.5 zu erhöhen. Das Mittel aus sämmtlichen 10 Einzelwerthen ist genau 60.0^s, also $a = 7.52$ und $w =$ rund 8.0 m. p. s.

13) Am 30. August, Mittags 12 Uhr, in 16° 6.7′ N., 23° 5.8′ W lief der Dampfer Kurs nach mw. SEzE, 8 Knoten (oder 4.12 m. p. s.), der Wind war mw. NE, Stärke 6 Bf., demnach der Winkel $\Theta = 9$ Strich, $\cos\Theta = -0.19$. Der Seegang war mässig (3—4). Das Anemometer ergab folgende continuirliche Reihe von Intervallen:

$i =$	31.0	33.0	33.0	32.5	32.0	35.0	32.5	32.5	33.0	31.5	35.0	33.5
$a =$	14.12	13.29	13.29	13.50	13.72	12.62	13.50	13.50	13.29	13.92	12.62	13.12
$w =$	12.70	11.84	11.84	12.05	12.29	11.13	12.05	12.05	11.84	12.49	11.13	11.66

Als Mittel dieser zwölf Einzelwerthe ergiebt sich $i = 32.9^s$, $a = 13.33$, $w = 11.88$ m. p. s.

14) Am 2. September, Vormittags 10 Uhr, in 10° 20′ N, 22° 14′ W lief der Dampfer ganz langsam mit $3^3/_4$ Knoten (= 1.93 m. p. s.), während der Klavierdraht der Lotmaschine reparirt wurde, bei Kurs nach mw. S, und Wind mw. N, Stärke 4 Bf. Das Anemometer gab folgende an einander anschliessende Intervalle:

i =	64.0	71.0	64.0	62.0	65.0	62.0	64.0	65.5	65.0	66.5
a =	7.10	6.41	7.10	7.32	7.00	7.32	7.10	6.95	7.00	6.85
w =	9.03	8.34	9.03	9.25	8.93	9.25	9.03	8.88	8.93	8.78

Das Mittel aus allen zehn Einzelwerthen ist $i = 64.9^s$ oder $a = 7.05$ und $w = 8.98$ m. p. s. Es war der einzige Fall, wo versucht wurde, mit dem Winkel Θ = Null zu beobachten; er muss insofern Bedenken erregen, als der Wind erst alle Deckaufbauten (Maschinenhaus mit Sonnensegeln) zu überstreichen hatte, ehe er an das Schalenkreuz gelangte. Aus diesen Bedenken sind ähnliche Versuche weder vorher vorgekommen, noch nachher wiederholt.

15) Am 5. September in 3° 15′ N, 19° 3′ W, lief der Dampfer Nachmittags 2 Uhr nach mw. $S^1/_2$ E mit fast 9 Knoten (= 4.56 m. p. s.), während der Wind aus mw. S mit Stärke 2 einkam. Der Seegang war ebenfalls schwach (1—2). Der Winkel Θ betrug also nur einen halben Strich oder 5.6°; $\cos\Theta = -0.995$, was wir ohne merklichen Fehler $= -1.0$ setzen können. Es lag also ein dem vorigen entgegengesetzter extremer Fall vor. Die unmittelbar an einander anschliessenden 21 Intervalle ergaben sich folgendermassen:

i =	61.0	59.0	59.0	60.0	59.0	60.0	60.0	60.0	59.0	60.0	
a =	7.42	7.68	7.68	7.52	7.68	7.52	7.52	7.52	7.68	7.52	
w =	2.86	3.12	3.12	2.96	3.12	2.96	2.96	2.96	3.12	2.96	
i =	56.0	58.0	59.6	61.6	62.1	58.0	55.0	55.0	58.5	62.5	60.0
a =	8.11	7.77	7.58	7.35	7.30	7.77	8.20	8.20	7.73	7.26	7.52
w =	3.55	3.21	3.02	2.79	2.74	3.21	3.64	3.64	3.17	2.70	2.96

Das Mittel aus allen Intervallen ist $i = 59.2$, $a = 7.65$ und $w = 3.09$ m. p. s.

16) Am 6. September, in 1° 37′ N, 17° 9′ W lief um 11 Uhr der Dampfer den mw. Kurs SEzS mit $8^3/_4$ Knoten (= 4.5 m. p. s.), der Wind war mw. SzW, Stärke 4 Bf., der Kurswinkel Θ = 12 Strich, $\cos\Theta = -0.70$. Der Seegang blieb mässig (3—4). Die vom Anemometer erhaltenen Intervalle waren:

i =	40.0	40.0	39.5	38.8	38.7	38.0	38.0	37.0	40.0	46.5
a =	11.10	11.10	11.23	11.40	11.43	11.61	11.61	11.94	11.10	9.61
w =	7.47	7.47	7.61	7.79	7.82	8.01	8.01	8.35	7.47	5.91

Das Mittel aller zehn Werthe ergiebt $i = 39.7^s$, $a = 11.17$ und $w = 6.92$ m. p. s.

17) Am 8. September Vormittags 11 Uhr, in 1° 39′ S, 11° 45′ W, lief der Dampfer mit mw. SzW Kurs 8 Knoten (= 4.12 m. p. s.), während der Wind aus mw. SEzS, Stärke 4 Bf. kam; der Winkel Θ war also = 12 Strich, der Seegang (von Stärke 5) liess den Dampfer langsam stampfen. Die continuirliche Reihe der 11 Intervalle am Anemometer ergiebt:

i =	41.0	43.5	41.5	41.5	40.0	43.0	42.5	42.0	40.0	42.0	41.0
a =	10.85	10.26	10.72	10.72	11.10	10.34	10.46	10.59	11.10	10.59	10.85
w =	7.56	6.95	7.43	7.43	7.83	7.03	7.16	7.29	7.83	7.29	7.56

Als Mittel aus diesen 11 Werthen erhält man $i = 41.6^s$, $a = 10.69$, $w = 7.40$ m. p. s.

18) Am 9. September, Vormittags 10, in 4° 10′ S, 14° 13′ W, lief der Dampfer mit 8 Knoten (= 4.12 m. p. s.) nach mw. SzW, der Wind war mw. SSE, Stärke 4 Bf.; $\Theta = 13°$. Seegang Stärke 4. Die Intervalle am Anemometer ergaben:

i =	41.0	42.0	42.0	42.0	42.0	39.5	40.0	39.5	40.5	41.0	42.5	40.5	42.0
a =	10.85	10.59	10.59	10.59	10.59	11.22	11.10	11.22	10.98	10.85	10.46	10.98	10.59
w =	7.19	6.92	6.92	6.92	6.92	7.56	7.40	7.56	7.32	7.19	6.79	7.32	6.92

Das Mittel der 13 an einander anschliessenden Intervalle giebt $i = 41.1^s$, $a = 10.82$, $w = 7.16$ m. p. s.

19) Am 10. September, Vormittags 11 Uhr, in 6° 53′ S, 14° 15′ W, lief der Dampfer mit $7^3/_4$ Knoten (= 3.99 m. p. s.) nach mw. SSW, der Wind war mw. ESE, Stärke 5; Winkel Θ = 8 Strich, also $\cos \Theta$ = Null. See 4—5, der Dampfer stampfte etwas. Das Anemometer lieferte folgende zusammenhängende Reihe von zehn Intervallen:

i =	49.0	46.0	47.0	49.5	46.0	47.5	45.0	47.0	43.5	43.5
a =	9.14	9.74	9.48	9.06	9.74	9.40	9.91	9.48	10.25	10.25
w =	8.22	8.88	8.60	8.14	8.88	8.51	9.07	8.60	9.44	9.44

Das Mittel ist für $i = 46.4$, $a = 9.64$, $w = 8.78$ m. p. s.

20) Am 12. September, westlich und in Sicht von Ascension, in 7° 55′ S, 14° 37′ W, Mittags 12, lief der Dampfer mit 9 Knoten Fahrt (= 4.62 m. p. s.) Kurs nach mw. W, während der Wind von mw. SE mit Stärke 5 einkam. Die Beobachtungen ergaben Folgendes, $\Theta = 4$ Strich, $\cos \Theta = 0.7$ gerechnet:

i =	51.0	51.5	53.0	52.5	51.5	48.0	49.0	48.5
a =	8.79	8.71	8.46	8.55	8.71	9.31	9.14	9.22
w =	11.37	11.29	11.02	11.12	11.29	11.94	11.76	11.84

i =	51.5	49.5	49.5	44.0	47.0	Mittel = 49.6^s
a =	8.71	9.06	9.06	10.17	9.48	„ = 9.04
w =	11.29	11.67	11.67	12.85	12.11	„ = 11.65 m. p. s.

21) Am 13. September, Nachmittags 3 Uhr, in 7° 40′ S, 18° 3′ W, lief der Dampfer Kurs nach mw. NWzW mit 5 Knoten (= 2.57 m. p. s.) Fahrt; der Wind war SE, Stärke 5 bis 4 Bf., langsam abnehmend, sodass Abends sicher nur 4 Bf. waren. Der Winkel Θ war also = 1 Strich; $\cos \Theta = +0.98$. Der NATIONAL rollte auf einer südlichen Dünung. Die am Anemometer erhaltenen 10 zusammenhängenden Intervalle ergaben:

i =	$1^m\ 19.5^s$	$2^m\ 6.5^s$	$1^m\ 33^s$	$1^m\ 34^s$	$1^m\ 25^s$	$1^m\ 27^s$	$1^m\ 41^s$	$1^m\ 41^s$	$1^m\ 41^s$	$1^m\ 50^s$
a =	5.69	3.75	4.97	4.93	5.44	5.30	4.63	4.63	4.63	4.24
w =	8.19	6.24	7.47	7.42	7.94	7.80	7.12	7.12	7.12	6.73

Das Mittel aus der ganzen Reihe ist: $i = 1^m\ 43.8^s$, $a = 4.51$ und $w = 7.00$ m. p. s.

22) Am 14. September, Mittags 12 Uhr, in 7° 24′ S, 24° 38′ W, lief der Dampfer mit $9^1/_4$ Knoten (= 4.76 m. p. s.) Fahrt nach mw. NWzW; der Wind war mw. SE, Stärke 5 Bf., der Winkel $\Theta = 1$ Strich. Der Dampfer holte auf einer von S kommenden Dünung zeitweilig sehr heftig von einer Seite zur andern über. Die Reihe der Intervalle war:

i =	$1^m\ 26^s$	$1^m\ 35.5^s$	$1^m\ 11.5^s$	$1^m\ 31.5^s$	$1^m\ 39.5^s$	$1^m\ 36.0^s$	$1^m\ 48.5^s$	$1^m\ 32.5^s$	$1^m\ 52.0^s$	$1^m\ 40.5^s$
a =	5.37	4.86	6.40	5.03	4.69	4.84	4.31	4.99	4.05	4.65
w =	9.94	9.42	10.99	9.59	9.25	9.40	8.86	9.55	8.59	9.21

Das Mittel aller 10 Intervalle ist = $1^m\ 35.4^s$, daraus $a = 4.87$ und $w = 9.43$ m. p. s.

23) An demselben Tage wurde Nachmittags 5 Uhr in 7° 18′ S, 21° 24′ W, während das Schiff beim Planktonfischen still lag, das Anemometer in Gang gebracht; Wind SE, Stärke 5 bis 6 Bf., Dünung noch immer störend. Es wurden fünf zusammenhängende Intervalle erhalten:

i =	45.0^s	48.0^s	43.0^s	45.5^s	45.5^s	Mittel = 45.5^s
w =	9.91	9.31	10.34	9.83	9.83	» = 9.83

Der Passat war seit Mittag etwas aufgefrischt, wurde aber nach Sonnenuntergang langsam schwächer, um Mitternacht ist nur Stärke 4 Bf. notirt.

24) Am 16. September, Nachmittags 5 Uhr, stoppte der Dampfer in 5° 10′ S, 27° 35′ W, während der Bug gegen den Wind lag, der aus SE, Stärke 4 Bf., kam. Die Dünung war weniger lästig. Die aufeinander folgenden Intervalle am Anemometer waren:

i =	1^m 10^s	1^m 16^s	1^m 14^s	1^m 14^s	1^m 8.5^s	1^m 6.0^s	1^m 22.5^s	1^m 18^s	1^m 7^s	1^m 12^s
w =	6.48	6.05	6.20	6.20	6.64	6.90	5.57	5.89	6.80	6.34

Das Mittel aus allen zehn Intervallen ist 1^m 12.8^s, woraus w = 6.28 m. p. s.

25) Am 17. September, Nachmittags 5 Uhr, in 3° 53′ S, 30° 14′ W, stoppte der Dampfer wieder zum Fischen und lag mit dem Kopf gegen den Wind, der Passat kam aus SE mit Stärke 4 Bf., die Dünung und See waren mässig. Das Anemometer gab folgende 5 Intervalle:

i =	1^m 2^s	1^m 12.5^s	1^m 11^s	1^m 22.5^s	1^m 22^s	Mittel = 1^m 14^s
w =	7.31	6.30	6.41	5.57	5.60	w = 6.20.

Man sieht, wie der Dampfer ins Treiben gerieth; als die Schraube anging, um ihn wieder auf den alten Platz genau senkrecht über dem Netz zu bringen, musste der Versuch abgebrochen werden.

26) Am 18. September, Nachmittags 5 Uhr, in 3° 28′ S, 33° 22′ W, lag der Dampfer abermals beim Planktonfischen mit dem Kopf gegen den Wind und hatte verhältnissmässig sehr geringe Abtrift. Der Passat kam mit Stärke 4 aus SE (Seegang 3, gar nicht störend). Das Anemometer gab folgende lange Reihe:

i =	1^m 7^s	1^m 3^s	1^m 3^s	1^m 16.5^s	1^m 17^s	1^m 22.5^s	1^m 17^s	1^m 20^s
w =	6.90	7.21	7.21	6.00	5.96	5.56	5.96	5.70
i =	1^m 12.5^s	1^m 12.5^s	1^m 19^s	1^m 9^s	1^m 2^s	1^m 2^s	0^m 57.5^s	1^m 1.5^s
w =	6.30	6.30	5.79	6.60	7.31	7.31	7.85	7.36
i =	1^m 12.5^s	1^m 4^s	0^m 55^s	1^m 0^s	1^m 1.5^s	1 1^s	0^m 55^s	0^m 56.5^s
w =	6.30	7.10	8.20	7.52	7.36	7.42	8.20	8.03

Das Gesammtmittel aus diesen 24 Intervallen ist = 1^m 6.9^s oder w = 6.80 m. p. s.

27) Am 19. September, 8 Uhr früh, in 2° 30′ S, 35° 10′ W, beim Planktonfischen, kam der Wind aus SE mit Stärke 4 Bf. Seegang mässig. Da die Abtrift des Dampfers wieder sehr unbedeutend war, wurden folgende zwei Reihen am Anemometer beobachtet, die erste von 8 Intervallen; dann nach einer Pause von fünf Minuten die zweite von 20 Intervallen.

i =	57.5	63.0	60.5	60.0	54.0	55.5	74.5
w =	7.85	7.21	7.47	7.52	8.37	8.15	6.16
i =	61.5	56.0	55.0	65.0	76.5	67.0	62.5
w =	7.36	8.11	8.20	7.00	6.00	5.96	7.26
i =	60.5	73.5	73.5	64.5	64.5	67.0	64.5
w =	7.47	6.24	6.24	7.05	7.05	5.96	7.05
i =	56.5	66.5	64.5	73.0	71.5	70.5	66.0
w =	8.03	6.84	7.05	6.27	6.37	7.47	6.90

Das Mittel der ersten Serie ist $i = 60.8^s$, $w = 7.44$ m. p. s., das der zweiten $i = 65.7^s$, $w = 6.93$ m. p. s.: das Gesammtmittel aus beiden ist $i = 6.43^s$ und $w = 7.07$ m. p. s.

28) Am 19. September, Nachmittags 5 Uhr, lag der Dampfer wieder zum Fischen beigedreht in 2° 24′ S. 36° 24′ W; der Wind kam aus SE mit Stärke 4. Seegang mässig (3—4). Zwei durch eine Pause von vier Minuten getrennte Reihen, die erste von 10, die zweite von 14 Beobachtungen wurden am Anemometer erhalten.

$i =$	54.5	61.0	64.0	55.0	54.0	55.0	$i =$	64.0	64.5	60.0	62.5	62.0	69.0
$w =$	8.29	7.42	6.58	8.20	8.37	8.37	$w =$	6.58	6.53	7.52	7.26	7.31	6.58
$i =$	51.0	51.0	58.0	75.5	56.0	58.0	$i =$	63.5	64.0	66.5	65.5	61.5	63.0
$w =$	8.79	8.79	7.77	7.86	8.11	7.77	$w =$	7.16	7.11	6.84	6.95	6.38	7.21

Das Mittel aus der ersten Serie giebt $i = 56.1^s$, $w = 8.09$ m, aus der zweiten $i = 62.8^s$ oder $w = 7.22$, das Mittel aus beiden genau 60^s oder $w = 7.52$ m. p. s.

29) Am 20. September, früh $8^1/_2$ Uhr, lag der Dampfer beigedreht in 1° 47′ S, 38° 7′ W; der Passat war SE, Stärke 5 bis 6 Bf., die Abtrift gering, Seegang mässig (Stärke 4). Es wurden zwei Serien erhalten, eine von 17, die zweite von 10 Intervallen, beide nur durch den Ausfall von drei Intervallen (von ca. 44^s) getrennt, sodass sie noch als eine continuirliche Reihe gelten können.

$i =$	45.5	41.5	41.0	41.0	47.0	49.0	44.0	46.0	47.0
$w =$	9.82	10.72	10.85	10.85	9.48	9.14	10.17	9.74	9.48
$i =$	48.0	50.0	44.0	45.0	44.0	47.0	44.0	49.0	44.5
$w =$	9.31	8.97	10.17	9.91	10.17	9.48	10.17	9.14	10.04
$i =$	45.5	50.0	51.0	42.0	42.0	42.5	47.0	50.0	52.0
$w =$	9.82	8.97	8.79	10.59	10.59	10.46	9.48	8.97	8.63

Das Mittel aller 27 beobachteten Intervalle ist $i = 46.3^s$ und $w = 9.66$ m. p. s.

30) Am 20. September, Nachmittags 5 Uhr, wurde wieder während des Planktonfischens das Anemometer versucht. Der National lag in 1° 31′ S, 39° 11′ W, der Wind war SEzE, Stärke 6 bis 5 Bf. See mässig (Stärke 4). Es wurde eine Serie von 18, und durch $3^1/_2$ Minuten davon getrennt, eine zweite von 30 Intervallen beobachtet.

$i =$	43.0	47.0	47.5	45.5	43.0	47.0	48.0	50.0
$w =$	10.34	9.48	9.40	9.82	10.34	9.48	9.31	8.97
$i =$	52.0	50.0	46.0	46.0	44.0	47.0	53.0	54.0
$w =$	8.63	8.97	9.74	9.74	10.17	9.48	8.46	8.37
$i =$	57.0	54.5	47.0	40.0	41.0	42.0	45.0	53.0
$w =$	7.94	8.28	9.48	11.10	10.85	10.59	9.91	8.46
$i =$	45.0	46.0	48.0	48.0	50.0	50.0	48.0	57.0
$w =$	9.91	9.74	9.31	9.31	8.97	8.97	9.31	7.94
$i =$	55.0	53.0	52.0	51.0	47.0	44.5	43.5	52.0
$w =$	8.20	8.46	8.63	8.79	9.48	10.04	10.25	8.63
$i =$	50.0	47.0	47.0	51.0	51.0	57.0	55.0	50.0
$w =$	8.97	9.48	9.48	8.79	8.79	7.94	8.20	8.97

Das Mittel der i aus der ganzen Reihe von 48 Werthen ist 49.0^s, also $w = 9.14$ m. p. s. Der Passat war bei unveränderter Richtung in der That ungleich stark: um 2 Uhr war Stärke 5, um 4 Uhr Stärke 6, um 6 Uhr Stärke 5, um 8 Stärke 6, um 10 Stärke 7 im Meteorologischen Journal zu verzeichnen.

31) Am 21. September, Nachmittags 5 Uhr, wurden wieder während des Planktonzuges in 0^0 26′ S, 42° 21′ W, bei Wind aus SEzE, 5 Bf. und mässigem, kaum störenden Seegang, zwei lange Reihen am Anemometer beobachtet, die nur durch eine Pause von 3^m 6^s (= der Summe von 4 Intervallen) getrennt waren.

i =	55.0	51.5	47.5	53.0	46.0	49.5	48.5
w =	8.20	8.88	9.40	8.46	9.74	9.06	9.23
i =	47.0	52.0	49.0	51.0	53.0	53.0	50.0
w =	9.48	8.63	9.14	8.79	8.46	8.46	8.97
i =	53.0	54.0	48.0	53.0	46.0	44.0	49.0
w =	8.46	8.37	9.31	8.46	9.74	10.17	9.14
i =	47.0	56.0	57.0	48.0	55.0	55.0	48.0
w =	9.48	8.11	7.94	9.31	8.20	8.20	9.31

i =	52.0	50.0	50.0	48.0	52.0	49.0	52.0
w =	8.63	8.97	8.97	9.31	8.63	9.14	8.63
i =	62.0	68.0	63.0	58.0	55.0	51.0	55.0
w =	7.31	6.69	7.21	7.77	8.20	8.79	8.20
i =	56.0	47.0	52.0	54.0	51.0	52.0	48.0
w =	8.11	9.48	8.63	8.37	8.79	8.63	9.31

Das Mittel sämmtlicher 49 Intervalle ist 51.9^s, somit $w = 8.65$ m. p. s.

32) Am 22. September, $8^1/_2$ Uhr früh, wurde während des Planktonzuges in 0^0 5′ S, 44^0 11′ W, bei E, Stärke 6, wieder folgende lange Reihe von Intervallen beobachtet. Der Seegang war mässig stark (Stärke 4).

i =	49.0	53.0	48.0	41.0	41.0	46.0	
w =	9.14	8.46	9.31	10.85	10.85	9.74	
i =	43.0	42.0	45.0	41.0	39.5	43.5	
w =	10.34	10.59	9.91	10.85	11.22	10.25	
i =	41.0	46.0	39.0	44.0	42.0	45.0	
w =	10.85	9.74	11.35	10.17	10.59	9.91	
i =	49.0	43.0	43.0	52.0	47.5	47.5	
w =	9.14	10.34	10.34	8.63	9.39	9.39	
i =	49.0	43.0	47.0	45.0	41.0	39.0	
w =	9.14	10.34	9.48	9.91	10.85	11.35	

i =	44.0	46.0	43.0	46.0	42.0	47.0	
w =	10.17	9.74	10.34	9.74	10.59	9.48	
i =	42.0	43.0	42.0	42.0	41.0	44.0	
w =	10.59	10.34	10.59	10.59	10.85	10.17	
i =	40.0	40.0	46.0	41.0	41.0	40.0	
w =	11.10	11.10	9.74	10.85	10.85	11.10	
i =	47.0	45.0	39.0	40.0	40.0	40.0	
w =	9.48	9.91	11.35	11.10	11.10	11.10	
i =	41.0	42.0	42.0	49.0	Mittel	i =	43.6
w =	10.85	10.59	10.59	9.14		w =	10.24

Da die Pause zwischen 8^h 21^m 57^s und 8^h 24^m 50^s die Zeit von 213^s einnimmt, so sind muthmasslich 5 Intervalle von im Mittel = 42.6^s ausgefallen. Werden diese den oben stehenden 58 zugezählt, so erhält man als Mittel der ganzen, so 63 Intervalle umfassenden Serie $i = 42.9^s$ oder 10.37 m. p. s.

33) Am 8. Oktober, Nachmittags 5 Uhr, in 0^0 18′ S, 47^0 24′ W wurden bei E, Stärke 3, während des Planktonfischens bei fast schlichter See folgende Intervalle erhalten (Anemometer auf der Leeseite):

i =	1^m 31^s	1^m 30^s	1^m 18^s	1^m 23^s	1^m 16^s	Mittel = 1^m 23.6^s
w =	5.06	5.10	5.87	5.54	6.04	„ = 5.51 m. p. s.

34) Am 9. Oktober, Vormittags nach 8 Uhr, wurde in 0^0 25′ N, 46^0 37′ W während des Planktonfischens bei Wind aus E, Stärke 3—4 Bf. und schwacher See (2—3) wieder der

Versuch gemacht, bei frei treibendem Schiff das Anemometer auf der Leeseite zu benutzen. Man sieht zunächst aus der ersten Reihe der Intervalle die zunehmende Abtrift:

i =	$1^m\ 7^s$	$1^m\ 22^s$	$1^m\ 29^s$	$1^m\ 33^s$	$1^m\ 37^s$
a =	6.79	5.60	5.16	4.97	4.80

Um das Netz nicht zu schräg wegtreiben zu lassen, liess dann der Kapitän das Schiff mit dem Kopf gegen den Wind legen und alsdann einige Mal die Schraube ein bis zwei Schläge vorwärts gehen, sobald die Abtrift wieder fühlbar wurde. Die im folgenden eingeklammerten Intervalle fallen in die Zeiten, wo das Schiff vorwärts ging.

i =	65^s	75^s	73^s	74^s	76^s	72^s	64^s	68^s	73^s
w =	7.00	6.13	6.27	6.20	6.05	6.34	7.10	6.70	6.27
i =	66^s	65^s	67^s	(59)	(58)	67^s	71^s	68^s	—
w =	6.90	7.00	6.80	(7.68)	(7.77)	6.80	6.41	6.70	—

Schaltet man die beiden eingeklammerten Intervalle als fehlerhaft aus, so erhält man als Mittel der übrigen 15 $i = 69.9^s$ und $w = 6.49$ m. p. s.

35) Am 11. Oktober, Vormittags 9 Uhr, in 6° 36′ N, 43° 23′ W, lag der Dampfer beim Planktonfischen mit dem Kopf gegen den Wind. In einer längeren Zeit, wo weder die Abtrift bedeutend war, noch die Schraube das Schiff vorwärts getrieben hatte, ergaben sich folgende Intervalle. Der Wind war Ost, Stärke 4 Bf. Seegang 3, Dünung aus SE und NE liess das Schiff langsam rollen.

i =	$1^m\ 13^s$	$1^m\ 19^s$	$1^m\ 20^s$	$1^m\ 12^s$	$1^m\ 10^s$	$1^m\ 21^s$	Mittel = $1^m\ 15.8^s$
w =	6.27	5.79	5.70	6.34	6.48	5.65	„ = 6.12

36) Am 12. Oktober, früh $8^1/_4$ Uhr, in 9° 21′ N, 42° 3′ W, musste der Dampfer wieder mit dem Kopf gegen den Wind (ENE, Stärke 4, Seegang 3—4, Dünung aus N schwach) gehalten werden. Zwei Intervalle am Anemometer, wo die Bewegung der Schraube sich fühlbar machte, sind eingeklammert.

i =	$1^m\ 17^s$	$1^m\ 3^s$	$1^m\ 0^s$	($0^m\ 55^s$)	($0^m\ 57^s$)	$1^m\ 3^s$	$1^m\ 6^s$	$1^m\ 0^s$
w =	5.96	7.21	7.52	(8.20)	(7.94)	7.21	6.90	7.52

Das Mittel aus den 6 Intervallen giebt $i = 64.8^s$ und $w = 7.02$ m. p. s.

37) Am 16. Oktober, Vormittags $8^1/_2$ Uhr, in 20° 21′ N, 37° 49′ W, wurden während des Fischens, obwohl das Anemometer an der Leeseite stand, und der starke Passat (E, Stärke 5 Bf., See 4) eine nicht unbedeutende Abtrift hervorrief, folgende Intervalle erhalten:

i =	55.0^s	57.5^s	45.5^s	48.0^s	Mittel = 50.1^s
w =	8.20	7.86	9.83	9.31	„ = 8.95 m. p. s.

Die Abtrift überschritt jedenfalls nicht 0.3 m. p. s., und da über der Kommandobrücke kein Sonnensegel stand, dürfte der Zutritt der Luft wenig behindert gewesen sein.

38) Am 23. Oktober, in 36° 46′ N, 26° 43′ W, während der Dampfer ganz langsam mit nur 2.4 Knoten (oder 1.23 m. p. s.) gegen den starken Wind (mw. NNE, Stärke 7—6 Bf.) und eine sehr hohe See anging, mit Kurs nach mw. $NE^1/_2E$, (also $\Theta = 13^1/_2$ Strich, $\cos\Theta = -0.88$), gab das Anemometer folgende Intervalle:

i =	34^s	31^s	34^s	39^s	34^s	35^s	Mittel = 34.5^s
a =	12.95	14.12	12.95	11.35	12.95	12.62	„ = 12.79
w =	11.86	13.03	11.86	10.26	11.86	11.53	„ = 11.70

Wie man zunächst aus den Zahlenreihen dieses Verzeichnisses sieht, sind auch die Anemometerangaben bei einer und derselben Gelegenheit nicht frei von starken Schwankungen in den Intervallen gewesen, wobei es keinen erheblichen Unterschied gemacht hat, ob sich das Schiff in Fahrt befand oder gestoppt zum Fischen trieb, und ob der Wind und Seegang im Ganzen schwach oder stark war. Ein Blick auf die Zahlenreihe in unserm Verzeichniss unter Nr. 20 (wo bei Stärke 6 die w von 11.0 bis 12.9 m schwanken), Nr. 18 (Stärke 4, zwischen 6.79 und 7.56 m), Nr. 8 (Stärke 3—4, zwischen 5.86 und 7.27 m) wird dies bestätigen und überhaupt die Vorstellung als irrig erscheinen lassen, als ob der sogenannte »schlanke Passat« auf hoher See von jeden Schwankungen in seiner Stärke frei wäre. Ich muss bekennen, dass ich vom Passat diese falsche Vorstellung hatte, aber schon unterwegs davon rasch geheilt worden bin.

Ordnet man nunmehr nach der Beaufortskala die bei den aufgeführten 38 Gelegenheiten erhaltnen Werthbeziehungen zwischen geschätzter und gemessner Windstärke, so zeigt ein eingehender Vergleich, dass in verschiednen Fällen die Windstärke nach Beaufort nicht richtig geschätzt sein kann; was übrigens nicht zu verwundern ist. Der Vergleich mit den übrigen besser unter einander stimmenden Angaben wird für die fehlerhaften Schätzungen dann leicht den richtigen Platz finden lassen.

Stärke 1. Hierfür liegt nur eine Beobachtung vor, die Nr. 1 der Reihe; sie ergiebt $w = \mathbf{2.3}$ m. p. s. Der Werth erscheint aber reichlich hoch für Stärke 1; wir setzen ihn daher = Stärke **1.5.**

Stärke 2. Es kommen die Nr. 5 und 15 in Betracht, die erste mit einem Mittelwerth aus 2 Intervallen bei treibendem Schiff (= 3.49 m), die zweite mit einem Mittel aus 21 Intervallen bei Schiff in Fahrt (= 3.09 m). Geben wir beiden das gleiche Gewicht, so erhalten wir: **3.3** m. p. s.

Stärke 3. Nach dem obigen Verzeichniss sind die Nr. 9 mit 3.93 und Nr. 33 mit 5.51 hierher zu stellen; ferner aber auch aus der 4 mal vorkommenden Stärke »3 bis 4« oder »4 bis 3« die Nr. 2 (col. 1) mit 4.76 und Nr. 4 mit 4.59. Als Mittel hieraus erhalten wir: **4.7** m. p. s.

Stärke 3$^1/_2$. Fassen wir so die zwischen 3 und 4 geschätzten Windstärken zusammen, so gehören aus dem Verzeichniss hierher: die Nr. 8 mit 6.34 und die Nr. 34 mit 6.49 m. Die Nr. 2, col. 2 und 3, ist zwar für Stärke 4 geschätzt, gehört aber mit ihren 5.83 m ersichtlich hierher. Ebenso die Nr. 24 mit 6.28, Nr. 25 mit 6.20, Nr. 34 mit 6.49 und 35 mit 6.12 m. p. s. Als Mittel aus dieser so veränderten Gruppe von 7 Einzelfällen ergiebt sich der Werth: **6.3** m. p. s.

Stärke 4. Diese Stufe ist im Verzeichniss am häufigsten vertreten, nicht weniger als 14 mal. Wir haben aber bereits im Vorigen fünf Fälle herausgenommen, die einer geringern Stufe zukommen, sodass nur noch neun übrig bleiben. Es sind dies die Nr. 4 (al. 2) mit 7.31 m; 12 mit 8.00 m; 14 mit 8.98 m; 16 mit 6.92 m; 17 mit 7.40 m; 18 mit 7.16 m; 26 mit 6.80 m; 27 mit 7.07 m; 28 mit 7.52 m. Dazu kommt aber noch Nr. 21, die als »5 bis 4«

klassificirt war, aber nur 7.00 m ergiebt; wogegen Nr. 14 zu Stärke 5 versetzt werden muss. Als Mittel aus diesen 9 Fällen erhalten wir: **7.2** m. p. s.

Stärke 5. Nach dem Verzeichniss gehören 6 Fälle hierher, nämlich Nr. 3 mit 8.90 m; 7 mit 9.60 m; 19 mit 8.78 m; 31 mit 8.65 m; 37 mit 8.95 m, und 20 mit 11.65 m. Der letzte Fall zeigt sich aber entschieden fehlerhaft geschätzt, er gehört zu Stärke 6. Dafür kommt ersichtlich Nr. 30 mit 9.14 m hierher und nicht in eine höhere Stufe »6 bis 5«. Ebenso Nr. 14 mit 8.98 m hierher und Nr. 4 mit 9.69 m nicht zu Stufe 6, sondern zu 5. So haben wir für Stärke 5 als Mittel aus 8 Fällen: **9.1** m. p. s.

Stärke 5½. Abgesehen von dem eben korrigirten Fall 30 kommt eine Schätzung der Windstärke zwischen 5 und 6 Bf. noch zweimal vor: Nr. 23 mit 9.83 m, und Nr. 29 mit 9.66 m. Das Mittel aus beiden ist: **9.8** m. p. s.

Stärke 6. Das Verzeichniss giebt sie 4 mal; wir haben aber Nr. 4 (al. 1) nach Stärke 5 zurückgesetzt; die Nr. 10 ist wegen Unsicherheit des damals schadhaften Anemometers besser ganz auszuschalten. So bleiben zunächst noch die Nr. 13 mit 11.88 m, und 32 mit 10.24 m. Ferner haben wir die Nr. 20 mit 11.65 aus Stärke 5 nach 6 versetzt, und endlich ist der einzige Fall, wo wir eine grössere Windstärke als 6 angegeben haben, die Nr. 38 mit 11.70 m doch wohl ebenso wie Nr. 13 und 20 zu Stärke 6 zu stellen. So ergiebt sich ein Mittel aus diesen 4 Fällen von: **11.4** m. p. s.

Wir haben in dieser Weise für 8 verschiedne, wenn auch ungleiche Stufen der geschätzten Windstärke Ausdrücke in absolutem Maass, in m. p. s. erhalten, die uns ermöglichen, die Beziehungen zwischen der Beaufortstärke $= \beta$ und der Windstärke $= w$ durch eine empirische Formel auszudrücken. Nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet lautet die Formel so:

$$w = 1.5618\ \beta + 0.049\ \beta^2.$$

Der Vergleich zwischen den beobachteten und berechneten Werthen stellt sich darnach folgendermassen:

Beaufort:	1½	2	3	3½	4	5	5½	6
beobachtet	2.3	3.3	4.7	6.3	7.2	9.1	9.8	11.4
berechnet	2.5	3.3	5.1	6.1	7.0	9.0	10.1	11.1

Die »mittlere« Abweichung der berechneten von den beobachteten Werthen ist $= \pm 0.2$, der aus den Fehlerquadraten berechnete »wahrscheinliche« Fehler aber $= \pm 0.28$ m. p. s. Bei dem gegenwärtigen Standpunkt des vorliegenden Problems und bei der geringen Zahl von Beobachtungen, auf denen die Formel beruht, kann diese Fehlergrenze noch als befriedigend gelten.

Es wären nunmehr die Beobachtungen auf dem NATIONAL zu vergleichen mit ähnlichen in See erhaltnen. Dafür kämen nun in erster Linie in Betracht die mehr als 3000 einzelne Bestimmungen umfassenden der GAZELLE aus der Zeit vom 4. Oktober 1874 bis 19. April 1876 aus allen Meeren der Erde, die vor Kurzem zwar *in extenso*, aber nicht auf Kurswinkel und Schiffsgeschwindigkeit korrigirt, veröffentlicht sind (**1**, 156—188; vgl. **4** und **6**). Wir erfahren in den Begleitworten zu den umfangreichen Tabellen, dass die Bestimmungen mit

einem Kraft'schen Hand-Anemometer auf der Luvseite der Kommandobrücke ausgeführt sind, dass die Berechnung der a aus den Umdrehungen des Schalenkreuzes nach einer im Schiffsjournal der GAZELLE angegebnen Formel geschehen ist, dass aber eine nachträgliche Prüfung der Konstanten dieser Formel sich nicht habe bewerkstelligen lassen, sodass man diese habe für richtig annehmen müssen. Sieht man nun die Zahlenreihen im Original näher an, so ergiebt sich, dass ein sehr grosser Theil für eine Berechnung, wie wir sie hier anstreben, nicht verwendet werden kann. Dazu gehört die ganze Reihe der Angaben, wo die Windstärke nicht mit einem Skalentheil bezeichnet, sondern in gewissen Grenzwerthen eingeschätzt wird, die oft die halbe Beaufortskala umfassen; es finden sich die β zu 2—4. 2—6, einigemal sogar 2—9 angegeben. Es rührt das daher, dass die Anemometerbeobachtungen sich über sehr lange Zeiten (vielleicht die ganze Wache?) hindurch ausgedehnt haben und so bei böhigem oder stürmischem Wetter die verschiedensten Windstärken zur Vergleichung gelangt sind: die ausführlichen Serien der Intervalle, wie sie oben vom NATIONAL gegeben sind, fehlen aber für die GAZELLE, nur die beiden extremen Werthe sind verzeichnet, und das arithmetische Mittel daraus ist für unsern Zweck bei so grossen Schwankungen nicht gut verwendbar. Auch wo, wie sehr häufig, einfache Zwischenstufen (z. B. Bf. 2—3, oder 5—6) angegeben sind, zeigen die anemometrischen Werthe der aufgeführten Extreme oft ganz erstaunliche Amplituden, sodass auch sie aus diesem Grunde keine Mittelbildung zulassen. Die Zahl der Beobachtungen, wo das Schiff »beigedreht« oder »backgebrasst« lag, muss ebenfalls ausgeschieden werden, weil eine Angabe über den Betrag der Abtrift fehlt. Ferner scheinen auch viele Druckfehler stehen geblieben zu sein. Ich komme also zu der Ueberzeugung, dass die Bearbeitung der Anemometer-Angaben der GAZELLE nur mit grosser Vorsicht und kritischer Umständlichkeit vorgenommen werden könne, also sehr viel Zeit verlangt. Um sie nun für unsern Zweck überhaupt zu benutzen, blieb nichts übrig als eine Auswahl zu treffen nach folgenden Grundsätzen. Erstens wurden nur Beobachtungen verwendet, die nach vollen Beaufortgraden angegeben waren. Zweitens nur solche, die für die Grade unter 4 nicht mehr als 1.5 m Amplitude zwischen den Extremen zeigten, bei Bf. 5 wurden 2 m. bei den höhern Graden über 6 solche von 2—$2^1/_2$ m als Grenze gesetzt. Unter der grossen Zahl der Beobachtungen von weniger als Stärke 6, die darnach noch immer übrig blieb, waren recht viele enthalten, wo das Schiff im Hafen vor Anker lag, die Reduktion auf Kurswinkel und Fahrgeschwindigkeit also wegfiel: diese sind allein aufgenommen für die Bestimmung von Bf. 2, 3 und 4. Für Stärke 5 mussten schon viele auf der Fahrt gewonnenen Werthe herangezogen werden; für Stärke 6 bis 10 waren überhaupt schon weniger Beobachtungen übrig, sodass diese, soweit sie verlässlich schienen (s. oben), sämmtlich verwendet wurden, gleichviel ob zu Anker oder in Fahrt gewonnen. Gerade für Vergleiche der höhern Stufen der Beaufortskala lag bisher überhaupt ja recht wenig Material vor. Nachstehende Tabelle zeigt die Zahl der von mir aus der grossen Masse von Anemometer-Vergleichen der GAZELLE verwendeten, unzweifelhaft gut erscheinenden Beobachtungen und die daraus abgeleiteten Werthe der w in m. p. s. Gleichzeitig sind nach der gleich zu gebenden empirischen Formel, die sich hier merklich anders gestaltet, wie bei meinen eignen Beobachtungen, auch die berechneten Werthe hinzugefügt.

Beaufort:	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zahl der Vergleiche	21	23	33	34	17	16	8	7	4
beobachtete m. p. s.	3.2	4.9	6.8	9.3	11.0	14.1	16.7	19.9	23.4
berechnete m. p. s.	3.0	4.9	6.9	9.1	11.4	14.1	16.9	19.9	23.1

Die nach der Methode der kleinsten Quadrate gefundene Formel lautet hier:

$$w = 1.322\beta + 0.0987\beta^2.$$

Vergessen werden darf dabei allerdings nicht, dass die Bf.-Stärke 1 aus den GAZELLE-Beobachtungen überhaupt nicht benutzt worden ist, da das Kraft'sche Anemometer für sehr schwache Windstärken wenig empfindlich gewesen zu sein scheint. Berechnete und beobachtete Werthe stimmen ausserordentlich gut überein, nur für Stärke 6 ist eine erhebliche Divergenz vorhanden. Der durchschnittliche Fehler ergiebt sich zu $\pm$ 0.16, der »wahrscheinliche« zu $\pm$ 0.23 m. p. s.

Die von uns gewonnenen Werthe der w stellen sich zu den auf der GAZELLE erhaltnen übrigens noch recht befriedigend. Und das wird auch das Gesammtergebniss eines Vergleichs dieser beiden mit allen den neusten und besten Werthen sein, wie sie kürzlich Köppen zusammengestellt hat (**2**) und wie ich sie hier vervollständigt wiederhole.

Beaufort:	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Chatterton 1887 . . .	3.0	4.6	6.9	9.5	11.9	15.1	18.1	20.6	23.2
2. Waldo 1888 . . .	3.1	5.4	7.3	10.2	13.3	15.5	17.0	19.2	—
3. Köppen 1888 . . .	3.8	5.4	7.2	9.0	11.0	13.3	15.8	—	—
4. Hugo Meyer 1890 . . .	4.0	5.9	8.0	10.2	12.3	14.4	16.4	18.5	—
5. Mohn 1889 . . .	3.2	4.9	6.7	8.7	10.7	12.8	15.1	17.4	19.8
Mittel aus den vorigen . . .	3.4	5.2	7.2	9.5	11.8	14.2	16.5	—	—
6. NATIONAL 1889 . . .	3.3	4.7	7.2	9.1	11.4	—	—	—	—
7. GAZELLE 1874/76 . . .	3.2	4.9	6.8	9.3	11.0	14.1	16.7	19.9	23.4
Mittel aus 1 bis 7	3.4	5.1	7.1	9.4	11.7	14.2	16.2	—	—

Man kann nach alledem Köppen nur Recht geben, wenn er sagt, dass gegenwärtig erhebliche Meinungsverschiedenheiten über die Deutung der einzelnen Grade der Beaufortskala bis 8 hinauf nicht mehr existiren könnten. In der That liefert die sehr kleine Serie meiner Anemometer-Beobachtungen auf dem NATIONAL, wie die oben von mir gegebne sehr vorsichtige Bearbeitung der ältern Beobachtungen der GAZELLE, entschieden den Beweis für Köppens Ansicht, dass es eben grösstentheils an der Methode der frühern Bearbeitungen, und nur zum kleineren Theile an den ältern Anemometern lag, wenn die Ergebnisse anfänglich so sehr auseinandergegangen sind. Für die höhern Stärkegrade 9 und 10 wird bei dem spärlichen vorhandenen Material eine Divergenz der Auswerthungen in m. p. s. wohl noch andauern; ich glaube aber, dass die Beobachtungen der GAZELLE in sich selbst eine recht grosse Wahrscheinlichkeit tragen, wie sie mit denen Waldos aus dem Ocean und Chattertons von der englischen Küste ja recht gut übereinstimmen. Die Leuchtthurmstationen der norwegischen Küste (Nr. 5) dagegen scheinen in den höhern Skalengraden (5 und mehr) wirklich etwas zu kleine Werthe gegeben zu haben.

§ 2. Beobachtung der obern Wolken.

Mit Recht wird in der modernen Meteorologie auf die Beobachtung der Form und der Bewegungen der in den höhern Schichten der Atmosphäre auftretenden Wolkenbildungen grosses Gewicht gelegt: ist es doch fast das einzige, jedenfalls das am häufigsten gebotene Hilfsmittel, sich über die Luftströmungen in der Höhe der Atmosphäre zu unterrichten. In unsern Breiten besonders ist seit den grundlegenden Untersuchungen von Clement Ley, Köppen und Hildebrandsson die Bewegung der Cirruswolken mannigfach und schon recht allgemein Gegenstand der Beobachtung geworden; die Wetterprognose bedient sich ihrer mit grossem Vortheil. Aber auch für die Kenntniss der allgemeinen Cirkulation der Atmosphäre ist das Studium der Cirruswolken, die doch den Bewegungen der höhern Schichten der Luft folgen, sehr wichtig; um so mehr, als es keinem Zweifel unterliegen dürfte, dass das System der allgemeinen irdischen Luftcirkulation nur erst in wenigen Grundzügen wirklich feststeht und wir von einer Durcharbeitung ins Einzelne noch weit entfernt sind. Die in ihrer Art gewiss grossartigen und bewundernswerthen analytischen Untersuchungen von William Ferrel, Herm. v. Helmholtz, W. v. Siemens, denen sich die von Oberbeck, Sprung, Pernter und noch vielen andern anschliessen, haben uns keine wesentlich über das was Sprung sehr zutreffend die »Grundcirkulation« nennt, hinausgehende Einsicht in die wirklichen Vorgänge gebracht. Die mathematische Evidenz analytischer Entwicklungen soll dabei ganz unbestritten bleiben; bei der unvermeidlichen Einseitigkeit der für die Rechnung benutzten Principien, der Erhaltung der Kraft oder des Princips der Flächen, und bei der Vernachlässigung der wirklichen Konfiguration der Erdoberfläche werden sich dabei nur mögliche, höchstens wahrscheinliche Fälle berechnen lassen. Die empirische Methode wird auch hier die Führung behaupten müssen, obschon sie naturgemäss nur langsam zum Ziele führen kann; und so habe ich den Eindruck, als wenn alle theoretischen Untersuchungen der letzten Jahre unsre Kenntnisse der allgemeinen Luftcirkulation zusammen genommen nicht so gefördert haben, wie die sorgfältige Diskussion der Beobachtungen des Krakatau-Phänomens seit dem Jahre 1883. Schon bei diesem Aufsehen erregenden Fall konnte man auf die Beobachtungen des Cirruszuges, besonders in den Tropen, zur Ergänzung zurückgreifen, wobei sich allerdings ergab, dass an brauchbaren Daten doch noch rechter Mangel herrschte.

Wie überhaupt in der Terminologie der Wolken, so ist auch in der Unterscheidung und Benennung speciell der höher ziehenden Wolken erst in der jüngsten Zeit eine gewisse Einheitlichkeit wahrzunehmen; und gar manche in ältern meteorologischen Tagebüchern, insbesondre aus den Tropen, enthaltnen Angaben bezogen sich auf die Bewegungen mittlerer Schichten (z. B. der gröbern *cirrocumulus*). Andrerseits scheinen überhaupt Cirruswolken in niedern Breiten keineswegs überall häufig vorzukommen. Ein sonst sehr aufmerksamer Beobachter, wie J. P. van der Stok in Batavia, hat sogar ganz neuerdings noch versichert, dass es ihm nur sehr selten gelungen sei, in Java wahre hoch ziehende Wolken zu sehen, und dass, wenn überhaupt cirrusartige Formen *(Cirro-cumulus)* aufgetreten wären, sie immer den mittleren Schichten der Atmosphäre angehört hätten, und dass namentlich die still stehenden Lämmerwolken des Morgenhimmels sich während des Tages in richtige *Cumuli* umzuwandeln pflegten (**3**, 196).

Es stand demgemäss für mich von vornherein fest, dass unter den meteorologischen Beobachtungen, die ich persönlich an Bord des NATIONAL überhaupt machen konnte, die regelmässige Aufzeichnung der Form und der Zugrichtung der Cirruswolken in erste Linie treten müsse.

Für die Terminologie der einzelnen Formen habe ich das sehr eingehende Schema Köppens zum Grunde gelegt, das in der deutschen meteorologischen Zeitschrift von 1887, Taf. 4 allen Fachgenossen zugänglich veröffentlicht ist. Die kleinen und dem geübten Beobachter auch ganz nützlichen Bilder in Abercrombys *Instructions for observing clouds* geben ja nur wenige der zahlreichen Cirrusformen wieder.

Köppen hat seine Cirrusarten mit Nummern versehen; der Anschaulichkeit wegen empfiehlt es sich, sie mit möglichst kurzen, schlagenden Bezeichnungen erläutert, hier schnell aufzuzählen.

1. Strähngewölk, gradlinig fädig, wie lang ausgekämmtes Haar oder eine gestreckte Garnsträhne (*cirrofilum* Clement Leys).

2. Kammgewölk, quergekämmte Fäden, wie die Zähne eines Kammes, zweiseitig oder einseitig von einem Rückgrat abgehend; dieses Rückgrat ist freilich oft nur hinzuzudenken.

3. Federwolke, von einer feinen Längsrippe (Federpose) in spitzem Winkel abstrahlende Fäden; die »Katzenschwänze« der Seeleute (die dabei wohl mehr an eine Eichkatze, wie an *Felis catus* L. denken mögen).

4. Kreuzfasergewölk, zerzaust faserig, verschiedene sich kreuzende Kämmung, wie bekritzelt; ist mir auf unsrer Reise nicht vorgekommen.

5. Schweifwolke, hakig gebogene Strähne: die »Pferdeschwänze« (*mare's tails* der Engländer), auch »Windbäume« unsrer Seeleute und Windmüller.

6. Lockengewölk, linear mit Locke oder dicker Kralle am Ende: *curl clouds* bei Cl. Ley, *cats paws,* »Katzenpfoten« der englischen Seeleute, »Cirruskralle« Möllers.

7. Flockengewölk, flockig, aber dabei nicht gekämmt und nicht geballt.

8. Feines Schäfchen- oder Lämmergewölk, silberglänzende Bällchen von 2° (= vier Vollmondsbreiten) und weniger Durchmesser; *cirrocumulus* Howards.

9. Grobes Schäfchengewölk, weisslich matte Bällchen von 2° bis 10° Durchmesser, auch *cirrocumulus* Howards, aber *altocumulus* Renous.

Ausserdem ist noch der flächenhaft entwickelte Cirrus zu unterscheiden, der immer homogen erscheint und bald grössere, bald kleinere Flächen am Himmel bedeckt: er mag Cirrusbank oder Cirrostratus genannt werden, sobald er dichteres, Cirrusschleier, sobald er loseres Gefüge zeigt. Die Cirrusbänke sind meist wohl nur perspektivische Entstellungen der anderen Formen, wenn sie nahe dem Horizont stehen; im nachfolgenden Verzeichniss finden sich mehrfach deutliche Beispiele dafür.

Die Zugrichtung dieser hoch schwebenden Wolken festzustellen gelang keineswegs jedes Mal; theils war die Decke der untern Wolken zu ausgedehnt, theils mögen die Cirren mit dem Schiff gleichen Kurs gehalten haben, theils zogen sie überhaupt wohl auch zu langsam. Nur wo die Zugrichtung sicher anzugeben war, ist sie notirt worden. Sehr vereinfacht war

die Beobachtung, sobald die Cirren am Mond vorüber sich bewegten; mit Hilfe des Peilcompasses auf der Kommandobrücke war dann die Richtung des Zuges (mit Beachtung der nahe liegenden perspektivischen Entstellung) recht sicher bis auf einen Strich genau auszumachen. Die Schiffsbewegung selbst konnte während einer derartigen, nur wenige Minuten beanspruchenden Beobachtung vernachlässigt werden. Das nachfolgende Verzeichniss erschöpft demnach die Zahl der Fälle, wo hohe Wolken gesehen wurden, insbesondre im Bereiche der höhern Breiten, nicht ganz; nur wo ihre Zugrichtung beobachtet oder sonst ein irgendwie bemerkenswerthes Verhalten an ihnen wahrnehmbar war, sind sie aufgenommen worden.

I. Vom 15. Juli bis 6. August.

1. Während wir uns am Abend des 18. Juli in der Nordsee der Pentlandstrasse näherten, kamen »bei langsam abklarendem Himmel Cirrussträhne (Form 1 Köppens), geordnet in der Längsrichtung von W nach E« zum Vorschein.[1]) Im N lagen dicke *Cu*, es herrschte leichte Westbrise.

Die Wetterkarten der Seewarte zeigen, dass sich am 16. und 17. Juli eine schwach ausgeprägte Cyklone mit mässigen Gradienten mitten auf der Nordsee befand. Wir haben sie am 17. im Norden umfahren, und in der Nacht zum 18. nördliche Winde von Stärke 6 mit grobem Seegang aus N zu überstehen gehabt. Am 18. Morgens war die Depression unter Barometerfall in ihrer Mitte und unter Zunahme der Gradienten ostwärts nach Kopenhagen fortgeschritten, und am 19. Juli lag sie im bottnischen Golf. Eine Zugrichtung der Cirrusstreifen, die diese Cyklone also an ihrem nordwestlichen Quadranten begleiteten, war nicht festzustellen; der allgemeinen Regel nach werden die Streifen wohl auch die Richtung des oberen Luftstroms selbst angegeben haben, also wahrscheinlich einen nach E gerichteten.

2. Am 20. Juli in 59.2° N, 11.8° W »früh 9 Uhr im S eine hohe Wand Cirrusschleier mit zenithwärts (nach N) gekrümmten Fransen (Form 5?). Richtung des Zuges anscheinend nach NE. Darunter einzelne Cum., als hoch aufgeblähte Säulen.« Wind NNW 2. Barometer am 19. und 20. Juli ziemlich unverändert (755—756).

Nach der Wetterkarte lag zu gleicher Zeit eine schwach ausgeprägte Depression über Irland, die im Laufe des Tages sich weiter ausbildete. Die NE-Bewegung der Höhe zeigte den obern Ausstrom der sich vertiefenden Cyklone, die Cumulussäulen sprechen für eine intensive aufsteigende Bewegung der untern Luftschichten.

3. Am 22. Juli, Mittagsposition 60° 11.5′ N, 22° 41.5′ W. »Bei schwachen nördlichen Mallungen, die von Stillen abgelöst wurden, bei schönem warmem Sonnenschein, während nur an der Kimm *Cu* in Kulissen äusserst klar hinter einander geordnet stehen, kommen um 10 h. a. Cirrus 1 in Fäden von NW auf, und alsbald werden die *Cu*-Bänke im W allgemein dichter. Nachmittags 4 Uhr ist der Barometerstand um 1 mm niedriger, der Wind WNW 2, Bewölkung 4, und die Cirren sind in typischen Polarbanden von NW nach SO angeordnet. Bei nunmehr rascher fallendem Barometer frischt der Wind nach Eintritt der Nacht aus SW bis Stärke 6

[1]) Den internationalen Vereinbarungen entsprechend gebe ich die Himmelsrichtung *Ost, Nordost* abgekürzt mit *E, NE* u. s. w. wieder.

auf und von $7^1/_2$ h. p. an regnet es«. Die weiteren Witterungsvorgänge lassen keinen Zweifel darüber, dass sich eine Depression in südöstlicher Richtung nahe hinter dem Schiffe vorüberbewegte. Die ganze Nacht hatten wir feinen Regen bei SW-Wind, der am Morgen des 23. etwas westlicher wurde und dann um 10 Uhr nach kurzer Stille in NNE umschlug. Bei dem nun böhiger werdenden, allmählich aber zur Aufklarung neigenden Wetter kamen um 6 h. p. in den Wolkenlücken Cirrusstreifen (angeordnet in der Richtung NW—SE) zum Vorschein; ihre Bewegung war nicht festzustellen.

4. Am 28. Juli, in 52.6° N, 46.3° W: »Um $7^1/_2$ h. p. wandern von der Sonne (im NW) her sehr hoch ziehende kleine Schäfchen (Köppens *cirrocum.* 8) über das Zenith herüber. *Cirrostratus*bänke, am Westhimmel in langen Fäden nahe der Kimm auftauchend, erweisen sich an der Seite nach der Sonne zu als zusammengesetzt aus denselben zarten *cirrocumuli*, was nach Köppens mündlichen Aeusserungen muthmasslich häufig vorkommt«. In der Nacht darauf von 10^p—12^p hatten wir ein Nordlicht.

5. Am 30. Juli, Mittagsposition = 48° 40.7′ N, 49° 18.8′ W. Bei hohem Barometerstand (770 mm), SSE-Wind 3, treten kurz vor Mittag am sonst wolkenlosen Himmel *Cirrocum.* 8 und Cirrusstreifen 1 in klassischen Polarbanden NW—SE angeordnet auf. Am Nachmittage, bei langsam fallendem Barometer verdichtet sich zusehends der Cirrusschleier im W, die *cirrocumuli* werden gröber (Form 9 Köppens), und zuletzt schliesst sich eine weisslichgraue Decke oberer Wolken über uns zusammen. Von 10 h. p. ab starker Nebel bei Südwind, Stärke 3.

6. Am 2. August in 42° 10′ N, 55° 53′ W, eben beim Eintritt in den warmen Floridastrom, »ringsum in der Kimm hochaufgeblähte *Cumuli:* die Köpfe sind traubig, beugen sich leewärts über, werden losgerissen und bilden *mediocumuli;* die obern Wolken bestehen den ganzen Tag aus Cirrusdecken und Schleiern, deren Ränder wieder in zarte Schäfchen (*cirrocum.* 8) ausgehen«. Unterwind W, Stärke 2.

7. Am 3. August, in 40° 0′ N, 57° 17′ W: »Seit Vormittags 11 Uhr kommen von NW her Cirrusschleier auf, zuerst wie eine Decke mit ausgefranstem Rand aussehend, sich dann aber im Zenith als ganz flockig durchbrochen erweisend (vgl. Köppens Form 7)«.

8. Am 5. August, in 35.5° N, 61.8° W: »Früh ist der Himmel ganz klar, nur in der Kimm stehen Cumulusbänke, erst um 9 h. a. zieht eine *Cirrostratus*-Bank von E herauf; gerade zu Mittag ins Zenith gelangt, verschwindet sie wie verduftend oder auftrocknend. Schon vorher war der Schleier gleichsam aufgelöst (cf. Form 7), aber ohne recht distinkte Formen«. Die wahre Zugrichtung dürfte, da der Schiffskurs am Vormittag nach S38°W ging, wohl mehr nach SW geführt haben; das Verdunsten des Cirrusschleiers beruhte vielleicht auf einer abwärts gerichteten Componente, wie sie im Bereiche der Rossbreiten (Barometer = 771 mm, Unterwind südlich, Stärke 1, also wohl Nordwestrand eines Luftdruckmaximums!) nur normal wäre.

II. Vom 7. August bis 20. Oktober.

In dieser Zeit von 74 Tagen befanden wir uns im Bereiche des tropischen Cirkulationssystems, d. h. im Rossbreitenmaximum und in den beiden Passaten. Aus meinem Tagebuche kommen folgende Angaben in Betracht.

9. In Bermuda selbst sahen wir am Abend des 8. August die *Cirrocumuli* (8) ziemlich schnell vor dem Mond vorüber von SW nach NE ziehen: also der normalen Bewegung der hohen obern Wolken in diesen Breiten folgen.

10. Am 13. August in 31° 10′ N, 56° 20′ W wird in W bei Sonnenuntergang über der in der Kimm lagernden *Cu*-Bank eine gelb leuchtende Cirrusschicht (Schleier) sichtbar, scheinbar ganz unbeweglich dort bis zum Verschwinden der Sonne verharrend«. Typische Dämmerung mit sehr schön ausgeprägter Nachröthe darauf (auch an den folgenden Tagen fast ebenso schön).

11. Am 15. August. Mittagspos. = 30° 48′ N. 50° 42′ W heisst es: »Kleine *Cum.* in Reihen. ganz Passatluft, besonders nach S hin. Um 2 h. p. ein *Cum.* regnend im SW, um $3^1/_2$ Cirrusbank aus SE aufziehend, die sehr auffällige gelockte Form (6 Köppens) ist dabei, und zwar steht der kleine weisse Ballen voran nach NW, der Schwanz nach SE. Zugrichtung nach NW deutlich«. Unterwind war E 4, also Passat, dem wir nach N hin ausweichen mussten.

12. Am 19. August, Mittagspos. 31° 28′ N. 40° 27′ W. »Seit früh 8 Uhr Cirrusbank im N, um 12 Uhr ganze Bank über uns, besteht aus groben *cirrocumuli*. Köppen 9«. Da wir Vormittags 2 Stunden gefischt hatten, war die Ortsverändrung des Schiffs von 8—12 Uhr gering. 15 Sm. nach S86°E. Die Zugrichtung dieser tief ziehenden Schäfchenbank war also ungefähr nach S. Unterwind sehr flau, in Mallungen aus Richtungen zwischen SW und NW hin und her schwankend. Barometer normal 770 mm.

An demselben Tage, um 6 Uhr Abends: »Im NW weisslichgraue Wolkenbank, bestehend aus *Cirrostratus*«.

13. Am 20. August, Mittagsbesteck = 30° 12′ N, 37° 40′ W. »Vormittag und Nachmittag *cirrocum.* 8 häufig, ohne erkennbare Zugrichtung.« Schiffskurs: S 85° E. Wind von westlichen Mallungen durch N in schwachen NE-Passat übergehend. Abends schwaches Seeleuchten.

14. Am 23. August in 24° 43′ N, 31° 8′ W: »Nachmittags 4 Uhr kommen am Osthimmel Cirruswolken auf, lockere Tüpfchen (Köppens 7. nicht 8) und Streifen (Köppen 1), die von S nach N ziehen. Um 5 Uhr werden bei verstärkter unterer Bewölkung in den Lücken richtige feine Schäfchen (Köppen 8) sichtbar«.

15. Auf und bei den Kapverden herrschte, namentlich am 28. August (St. Vincent) und am 30. August (bei Boavista) ein milchiger diffuser Cirrusschleier in den obern Luftschichten, gleichzeitig *cu* und *ni* in den untern. Die Kimm war auch an den andern Tagen sehr diesig.

16. Am 2. September, Nachmittags 6 Uhr, in 9° 53′ N, 22° 4′ W, traf uns eine von NE heraufziehende typische Gewitterböhe, der auch der normale Cirrusfächer voranzog (s. die Beschreibung weiter unten). Abends starker Hof um den Mond in den Wolkenlücken.

17. Am 4. September in 5° 36′ N, 20° 18′ W. »Um 9 Uhr, bei langsam sich vermindernder Bewölkung, ziehen *cirrocum.* (8) vom Zenith aus nach W ab. Am Abend (in 5° 14′ N, 19° 55′ W) einzelne *cirrocum.*-Flächen anscheinend langsam abermals nach W ziehend.

18. Am 5. September beim Fischen am Vormittag in 3° 18′ N, 19° 7′ W »wieder *cirrocum.*-Flächen, aber nach NNW ziehend; sie sind nach 1 p., wie aufgetrocknet, verschwunden. Am Nachmittage beim Fischen in 2° 56′ N, 18° 25′ W kommen neue *cirrocum.* (8) aus SE auf. ihre Zugrichtung wurde mehrfach am Peilkompass nach missw. WNW oder rechtweisend W bestimmt. Dieselben »Schäfchen« ziehen bis in die Nacht hinein in genau gleicher Richtung am Mond vorüber.

19. Am 6. September, Mittagsbesteck = 1° 31′ N, 17° 2′ W. »*Cirrocum.* (8) stehen am Vormittag in Wolkenlücken und sind, wie gestern, um 1 Uhr verdunstet, kommen aber um 2 Uhr wieder, während die untern Wolken abnehmen. Zugrichtung und Hauptstreifung geht nach WNW, später tritt auch die Querstreifung sehr hervor. Dazwischen ist der Himmel keineswegs dunkelblau (das hatten wir in den Tropen bis dahin überhaupt nicht gesehen), vielmehr meist ein blasses Vergissmeinnicht-Blau«. »Um 5 Uhr Nachmittags sind alle obern Wolken verduftet, dafür erscheinen um 6 Uhr über der Sonne sehr hohe fädige Cirren (1) in Streifen von SW nach NE«. »Um 9 Uhr sind kleine *cirrocum.* (8) am Mond sichtbar, sie ziehen nach Kompasspeilung nach rw. WSW«.

20. Am 7. September, wo wir kurz vor Mittag den Aequator in genau 15° W. L. schnitten und darauf viele Stunden hindurch zum Fischen hielten, »war der ganze Himmel von $10^3/_4{}^a$ bis zum Sonnenuntergang ständig von Cirren bezogen; strähnige, quer gekämmte, flockige und grobgeballte Formen (1, 2, 7 und 9 Köppens) waren darunter reich vertreten, eine Zugrichtung nicht auszumachen, wohl aber ständige Streifung in Polarbanden von SSW nach NNE«.

21. Am 8. September, Mittagsbesteck = 1° 49′ S, 14° 44′ W. »Auch heute wieder viel Cirrus; die *cirrocum.* in Polarbanden von SE nach NW, ihre Zugrichtung wurde am Peilkompass nach rechtw. N festgestellt; darüber sehr reichlich eine sehr feine, fädige, aber diffuse Cirrusform (1), deren Zugrichtung nicht auszumachen war. Derselbe Zustand dauert auch am Nachmittag fort; am Abend zeigt über der Sonne diese sehr hohe Cirrusschicht eine Streifung von N nach S«.

22. Am 9. September bei Tage keine obern Wolken sichtbar. Abends 9 Uhr aber (in 5° 26′ S, 14° 10′ W) ziehen *cirrocum.* (8 und 9) am Mond vorüber, deutlich von rw. SE nach NW (Kompasspeilung).

23. Am 12. September, »Abends $7^1/_2$ Uhr in 7° 49′ S, 15° 36′ W, etwa 75 Sm. westlich von Ascension, wird am sonst scheinbar ganz sternklaren Westhimmel ein matter heller Schein sichtbar, den ich, wie der Steuermann, geneigt bin, für das Zodiakallicht zu halten, da für Jesses »leuchtende Nachtwolken« die Stunde doch wohl etwas zu spät war«.

24. Am 13. September, »Morgens 8 Uhr (in 7° 46′ S, 17° 18′ W) dichte *cirrocum.*-Decke (Form 9 Köppens), die von 9 Uhr an schnell wegdunstet. Dann schönstes Passatwetter«.

25. Am 14. September. Mittagsbesteck = 7° 24′ S, 20° 38′ W. »Vormittags reichlich Cumuluswolken, um 12 Uhr klart alles bis fast zur Kimm hin ab, nur eine Cirrusbank bleibt im SW und wird öfter durch Cumulusbänke verdeckt, sodass die Zugrichtung nicht auszumachen ist«. Schiffskurs N 80° W, Wind SE 6.

26. Am 16. September, Mittagsbesteck = 5° 29′ S, 26° 55′ W. »*Cirrocum.* (8) von 1 bis 2 Uhr mit dem unteren Wind (ESE 5) ziehend; schöne Passatluft«.

27. Am 20. September, Mittagsbesteck = 1° 40′ S, 38° 27′ W: »Feine fädige *Cirrus* 1 in Streifen am nördlichen Himmel nach W ziehend«. Unterwind: SE 6.

28. Am 23. September, Mittagsbesteck = 0° 20′ S, 47° 19′ W: nahe der brasilischen Küste: »Zu Mittag nimmt die Bewölkung zu; die Cum. gehen anscheinend in die grobe *cirrocum.*-Form (9) über, worauf sie verdunsten. Nach Mittag nimmt die Bewölkung wieder

ab, um 2 Uhr treten *Cirrus* 1 am NW-Himmel auf, um $2^1/_2$ auch im SE; diese ziehen genau im Schiffskurs nach WNW.«

29. Am 4. Oktober, im Tocantinsflusse (1° 37.5′ S, 49° 7.5′ W): »Fädige, quer gekämmte und flockige Cirren (1, 2, 7) ziehen in grosser Höhe nach W«. Unterwind ENE, 3.

30. Am 8. Oktober, in der Mündung des Paráflusses, westlich Punta Atalaia: »sehr viel Cirren den ganzen Tag; am Vormittag diffuser Schleier; am Nachmittag fädige Cirr. 1 in grosser Höhe, *cirrostratus* darunter. Zugrichtung nicht erkennbar«. Schiffskurs östlich. Wind E 3.

31. Am 9. Oktober: »Zwischen $5^1/_2$ und $6^1/_2$ Uhr Abends (in 2° N, 46° W) ziehen fädige Cirrussträhne (1) nach Westen vorüber. Um $9^1/_2$ Uhr gehen hakig gebogene Cirren (5) unter dem Mond nach SW«. Unterwind E 4, böhig.

32. Am 10. Oktober, Mittagsbesteck = 4° 43′ N, 45° 29′ W: »Heute sind wieder viel Cirren, am Morgen die flockige Form 7 und gröbere Schäfchen (9) mit *cirrostratus*; zu Mittag aber Pferdeschwänze (Form 5), gegen Abend öfter die gelockte Form (6), aber von keiner Dauer. Zugrichtung nicht erkennbar«. Unterwind EzN 3—4, Schiffskurs N36°E.

33. Am 11. Oktober, Mittagsbesteck = 6° 53′ N, 43° 11′ W: »Den ganzen Tag ist die Bewölkung reichlich, *Cu* und *Ni* herrschen vor. *Cirrostratus* gehen in Lämmerwolken (*cirrus* 9 und 8) über. Bei Sonnenuntergang ziehen *cirrostratus* und quergekämmte *cirrus* 2 nach W.« Unterwind E 3—5, mehrfach Regenschauer und kleine Böhen mit Donner und Blitz.

34. Am 12. Oktober, Mittagsbesteck = 9° 44′ N, 41° 43′ W: »Den ganzen Tag mehrfach fädige Cirren (1), Zugrichtung nicht erkennbar. Gleich nach 9 Uhr wird im SE eine *cirrostratus*-Bank sichtbar, die anscheinend nach NW zieht. Um 2 Uhr peilt dieselbe Bank ENE, zieht noch immer nach NW; mit Rücksicht auf den Schiffskurs wird die wahre Zugrichtung mehr N als NW sein. Um $5^1/_2$ Uhr ist die Cirrusbank mit ihrem Rande im Zenith, zeigt Fächerstructur und besteht aus Formen, die an quergekämmte Cirren und Pferdeschwänze erinnern (Form 2 und 5); der Konvergenzpunkt liegt im SE«. Unterwind ENE 4—3, Schiffskurs N 32° O.

35. Am 13. Oktober, Mittagsbesteck = 12° 18′ N, 40° 13′ W: »Auch heute wieder reichlich obere Wolken. Vormittags ziehen *cirrostratus*, fädige und quergekämmte *cirr.* (1 und 2) nach NW. Zu Mittag, während mehrere Böhen ringsum regnen, zeigt die Cirrusdecke eine Fächerstructur mit Konvergenzpunkt im NW; die fädige Form 1 und Pferdeschwänze (5) sind reichlich. Bei Sonnenuntergang viele Cirren in Polarbanden von SE nach NW. Ihre Zugrichtung ist unbestimmbar«. Unterwind: Mittags ganz flauer NE, der nachher stetig auffrischt bis zu Stärke 4. Schiffskurs N 33° E.

36. Den 14. Oktober, Mittagsbesteck = 14° 49′ N, 38° 55′ W: »Den ganzen Tag sind *cirrostratus*-Wolken sehr reichlich. Vormittags auch die flockige Form 7 in ganz wischig weicher Gestalt, in Streifen von ENE nach WSW. Sonst Cirrusschleier, der sich zu Mittag stark verdichtet, und fast den ganzen Himmel verdeckt, sich aber um $^1/_2$3 wieder lockert und in Polarbanden von E nach W gliedert. Zwischen 5 und 6 Uhr ziehen diese Cirren, noch immer in Polarbanden, genau in unserm Kurse nach NNE, und zwar mit auffallender Geschwindigkeit«. Unterwind E 6 mit vielen grossen, gar nicht passatartigen *Cu*.

37. Den 15. Oktober. Mittagsbesteck: 17° 41′ N, 38° 15′ W. »Abermals den ganzen Tag viele Cirrusformen: früh grobe Schäfchen (*cirrocum.* 9), dann namentlich *cirrostratus*, die zu Mittag wieder recht dicht werden, und am Nachmittage, während ihr Gefüge sich lockert, in die strähnige, quergekämmte und hakig gebogene Form (1, 2 und 5) übergehen. Die unteren Wolken, starke *Cumuli*, verhüllen die Hälfte des Himmels und lassen nach 4 Uhr die Cirrusdecke in Polarbanden von SE nach NW gegliedert sichtbar werden. Zugrichtung heute nicht auszumachen«. Unterwind E 4, Schiffskurs N 14° E.

38. Am 16. Oktober, Mittagsbesteck: 20° 42′ N, 37° 44′ W. »Das Wetter zeigt Neigung zu Regenböhen. Das Cirrusgewölk herrscht durchaus vor, ist sehr dicht und lässt wiederholt erkennen, wie die *cirrostratus* an den Rändern in feine Schäfchen (*cirrocum.* 8) übergehen, dass also das deckenartige nur auf perspektivischer Verkürzung beruht. Hier und da wird an den Cirrusschleiern auch wohl eine Streifung, wie bei *cirrus* 1 Köppens, erkennbar. Auch diesmal ist am Tage keine Zugrichtung wahrzunehmen (Schiffskurs N33°E): die nur vereinzelt, aber in mächtiger Grösse auftretenden Haufenwolken des kräftigen Passats (E 5) erschweren die Beobachtung. Am Nachmittag sind besonders die quer gekämmten, die flockigen und die grob geballten Formen (2, 7 und 9) erkennbar, und um Mitternacht sieht der Kapitän sie nach N ziehen«.

39. Den 17. Oktober, Mittagsbesteck: 23° 12′ N, 36° 19′ W. »Das Wetter hat über Nacht einen böhigen Charakter angenommen, der sich erst am Nachmittage mildert. Obere Wolken den ganzen Tag von 8ª bis 6ᵖ beobachtet: *cirrostratus*, hakige Pferdeschwänze und Flockengewölk (*cirrus* 5 und 7), ohne erkennbare Zugrichtung«. (Schiffskurs N33°E).

40. Den 18. Oktober, Mittagsbesteck: 25° 50′ N, 34° 40′ W. »Nur am Vormittag sind obere Wolken zu sehen, *cirrostratus* und flockiger *cirrus* 7; sie scheinen zu verdunsten. Jedenfalls fehlen sie am Nachmittage gänzlich. Zugrichtung war wieder nicht zu bestimmen«. Unterwind: Ostpassat 5; Schiffskurs: N38°E.

41. Den 20. Oktober, Mittagsbesteck: 30° 49′ N, 30° 53′ W. »Zu Mittag wird, während wir noch fischen, eine *Cirrostratus*-Bank im NW sichtbar, die dann zum Zenith hinaufzieht, also von NW nach SE. Sie zeigt sich dabei aus kleinem Lämmergewölk (*cirrocum.* 8) zusammengesetzt«. Unterwind: ganz flaue Mallungen aus N und NW.

III. Vom 21. Oktober bis 7. November.

Wir gelangten nun beim weiteren Vorrücken nach N wieder in den Bereich von Cyklonen, deren erste uns gleich genug zu schaffen machte.

42. Am 22. Oktober, Mittagsbesteck: 35° 44′ N, 26° 59′ W. »Früh sind *cirrostratus* mehrfach zu sehen, um Mittag sind sie verschwunden. Bei zunehmender Nordbrise, die in Böhen oft Stärke 7 übersteigt, ziehen am Nachmittage grobe *cirrocum.* (9) von N nach S über uns weg, stellenweise, namentlich nahe der Kimm, in *cirrostratus* übergehend«.

43. Am 23. Oktober, Mittagspos.: 36° 55′ N, 26° 43′ W. »*Cirrostratus* den Tag über reichlich. Nachmittags von 5 Uhr an ziehen katzenschwanzartige *cirrus* 3, in Polarbanden von SSW nach NNE geordnet, von NNE nach SSW«. Unterwind N 7, böhig und regnerisch.

An diesen beiden Tagen zog eine Depression vom Biskayagolf südwärts auf Madeira zu: unser Dampfer befand sich am Ostrande des Rossbreitenmaximums (Barometerstand 767.5 um 8ª und 8ᵖ, 765.4 um 4ᵖ), westlich von ihrer Bahn.

44. Am 28. Oktober, Mittagsbesteck: 39° 7′ N, 23° 33′ W. »Um $11^1/_2$ Uhr wird am Westhimmel eine Cirrostratus-Bank sichtbar, die anscheinend aus NW heraufzieht. Am Nachmittage sind es feine *cirrocum.* 8, quer gekämmte und hakig gebogene *cirrus* 2 und 5; sie ziehen von NNW nach SSE, und sind in Polarbanden derselben Richtung geordnet, aber besitzen ausserdem eine Streifung von SE nach NW. Die Bewegung der obern Wolken ist auch am Abend dieselbe«. Barometer fest auf 768.1 den ganzen Tag. Unterwind flauer NE 1.

45. Am 29. Oktober, Mittagsbesteck: 41° 25′ N, 20° 50′ W. »Das Barometer fällt ganz langsam, und während der Wind von NE nach SE in Mallungen herumdreht, ziehen *cirrocum.* 8 aus NW auf. Nachmittags Regen. Abends klart der Himmel ganz ab, beim Mondschein sind keine obern Wolken sichtbar«.

Nach den Wetterkarten der Seewarte lag an diesem Tage eine kleine Depression (von etwa 760 mm) westnordwestlich von uns, in etwa 350 Sm. Entfernung. Sie gehörte zu einer grössern Depression, die am 28. Oktober sich in ca. 50° N, 30° W befand. Beide Depressionen wanderten am 29. nach NE, und am 30. Oktober, früh 8 Uhr, lag unsre Theildepression westlich von Irland (mit 745 mm). Daher sagt das Tagebuch:

46. Am 30. Oktober, Mittagsbesteck: 43° 51′ N, 17° 27′ W. »Früh SW 2, langsam auffrischend, und westlicher; dabei verschwinden die untern Wolken und der Himmel bleibt allein von den groben Schäfchen (*cirrocum.* 9) bedeckt, die aus NW ziehen. Am Nachmittag um 5 Uhr springt der Wind nach NE herum, das Barometer (761.8) fängt an zu steigen, die untern Regenwolken verschwinden, die obern *cirrostratus* bleiben noch recht dicht«.

Ueber Nacht stieg das Barometer, während der Wind nach SE herumging. Eine neue Depression näherte sich von W her, am 31. Oktober, 8ª lag sie mit ca. 745 mm in etwa 52° N, 25° W, mit starken NW-Winden an ihrer Rückseite. Demgemäss hatten wir an diesem Tage (zu Mittag in 46.2° N, 13.6° W) bei mässig fallendem Barometer Südwind mit Regen, und eine mächtige Dünung von NW her. Der NW-Wind erreichte uns am 1. November und geleitete uns zum Kanal.

47. Am 1. November um 8ª sind in 47° 40′ N, 10° 25′ W »mehrfach *cirrostratus* zwischen dem reichlichen Cumulusgewölk sichtbar. Zugrichtung unbekannt«. Schiffskurs N 51° E, Wind NW 5.

48. Am 2. November, zu Mittag in Sicht von Landsend. »Am Vormittag ziehen *Cirrostratus* aus W, und zeigen sich im Zenith wieder als *cirrocum.* 9. Ausserdem auch fädige Form (*cirrus* 1) aufkommend. Wind NW 2. Gegen Abend begann das Barometer zu fallen und drehte der Wind nach SW zurück. Eine neue Depression erschien am 3. November bei den Hebriden, im Kanal starken SW mit Regen erzeugend. Nachdem wir am Abend die Enge von Dover durchfahren hatten, drehte der Wind nach WNW, während das Barometer stetig aber langsam fiel. Am 4. November lag die Depression (mit ca. 750 mm) mitten in der Nordsee, am 5. früh 8 Uhr im Skagerack.

49. Am 5. November, Mittagsbesteck 56° 4′ N, 7° 13′ O. »Den ganzen Tag bei ruhigem Wetter und schwachem N-Wind viele Cirruswolken, am Vormittage meist *cirrocum.* und *cirrostratus:* nach Mittag gehen die störenden Cum. weg, man sieht nun Katzen- und Pferdeschwänze (*cirrus* 5 und 3) deutlich aus W ziehen«, also wohl hinter der Depression her, während unser Barometer steigt und der Wind aus N auffrischt. —

Aus dieser Uebersicht mag zuerst Folgendes hervorgehoben werden.

Nach ihrer Häufigkeit angeordnet zeigen die einzelnen Formen eine auffällige Verschiedenheit.

Am Häufigsten waren jedenfalls die Schichtformen, *cirrostratus* und Schleier, die auch noch an andern als den oben aufgeführten 49 Reisetagen vorkamen, von denen aber keine besondern Bemerkungen zu machen waren. Sie traten in allen Breiten nahezu gleich häufig auf; auch war kein Unterschied in ihrem Verhalten überhaupt festzustellen, mag es sich um die beiden Passate, oder das Gebiet der Cyklonenbahnen im Norden handeln. Die von Köppen mir mündlich vor der Reise angekündigte Wirkung der Perspektive, wonach die Schichtbänke in und nahe an der Kimm meist keine wahren, verfilzten Schichten wären, sondern nichts als von der Seite gesehene Lämmerwolken oder andere Cirren, war sehr oft festzustellen: unter 21 Fällen, wo *cirrostratus* im obigen Verzeichniss vorkommt, sind 13, also $^2/_3$, an denen beim Höherheraufziehen sie sich als zusammengesetzt erwiesen haben. Und zwar waren dabei betheiligt:

Feine Lämmerwolken: 6 Mal (Nr. 4, 6, 32, 38, 41, 44).

Grobe Lämmerwolken: 4 Mal (Nr. 12, 33, 42, 48).

Flockengewölk: 2 Mal (Nr. 7 und 8).

Kamm- und Schweifwolken neben einander 1 Mal (Nr. 34).

Strähn-, Kamm- und Schweifwolken desgl. 1 Mal (Nr. 37).

Kleine Lämmchen, Kamm- und Schweifwolken ebenso 1 Mal (Nr. 44).

Die nächstdem häufigste Form war die Lämmerwolke, deren hochziehende feine Form (8) im Ganzen 15 Mal aufgeführt ist, während die gröbere tiefergehende Art nur 13 Mal vorkommt. Darauf folgt in der Frequenz: das Strähngewölk mit 15 Malen, das Flockengewölk 10, Kammgewölk 8, Schweife und Haken 8, Schleier 5, und endlich die Federwolke und das Lockengewölk mit je 2 Malen. Die Federwolke trat in beiden beobachteten Fällen im Bereich einer Cyklone auf (Nr. 43 und 49), das Lockengewölk nur im Bereich des Passats (Nr. 11 und 32). Daraus soll natürlich nicht gefolgert werden, dass sich das immer so verhielte.

Auffällig war mir die grosse Häufigkeit der Polarbanden, an der sich fast alle Cirrusformen betheiligten; nur das Lockengewölk (Form 6) nicht. Unter den im Verzeichniss aufgeführten 49 Tagen waren nicht weniger als 10 solche mit Polarbanden. Diese fehlten auch den Tropen nicht: ganz nahe am Aequator selbst (vgl. Nr. 20 und 21), wie im Passat (Nr. 34 und 37) herrschten sie ganze Tage hindurch. Die Richtungen der Bänder war jedoch 6 Mal von NW nach SE, 2 Mal NNE—SSW, 1 Mal W—E und 1 Mal NNW—SSE, sodass eigentlich nur drei unter 10 Fällen eine erhebliche Abweichung vom magnetischen Meridian zeigen. A. v. Humboldt, von dem die Erscheinung zuerst wissenschaftlich beschrieben worden ist, sagt, dass sie »unter den Tropen viel häufiger als in der gemässigten und kalten Zone« sei (**4**, I, 441; IV,

145 und 206). Auf dem Hochland von Quito und dem von Mexiko habe er sie ebenso schön entwickelt gesehen, wie in den Ebenen von Krassnojarsk in Sibirien. Eine Veränderung des Konvergenzpunktes am Horizont bei einer und derselben Erscheinung, wie sie Humboldt einigemal gesehen hat, habe ich nicht bemerkt; sie hat auch sonst anscheinend keine Bestätigung gefunden.

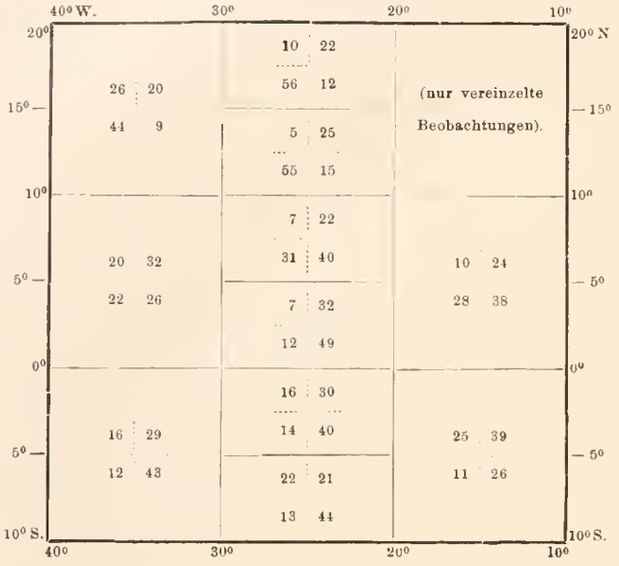
Ausführlicher sind die beobachteten Zugrichtungen der obern Wolken hier noch zu erörtern.

Die Bewegungen der Cirren nördlich vom Rossbreitenmaximum (35° N. Br.) liessen sich im vorher gegebenen Bericht schon in einen zumeist ganz offenkundigen Zusammenhang mit Luftdruckdepressionen bringen. Anders ist es mit den im Bereiche der Tropen erhaltnen Beobachtungen, die in Abtheilung II des Verzeichnisses zusammengestellt sind: bei ihnen würde es darauf ankommen, die Beziehung zu der allgemeinen Luftcirkulation aufzudecken. Wir wollen uns dabei ganz auf dem Boden der Thatsachen halten: also auf Grund der Luftdruckvertheilung am Erdboden und der anderweitigen Beobachtungen der obern Luftströmungen vorgehen. Diese letzteren sind nun reichlicher als nach den jüngsten Zusammenstellungen von Hann und Sprung[1]) zu schliessen wäre, sie zerfallen in drei Klassen: solche 1) des Cirruszuges auf dem Ocean oder 2) auf Landstationen, und 3) Beobachtungen an den Rauchsäulen thätiger Vulkane.

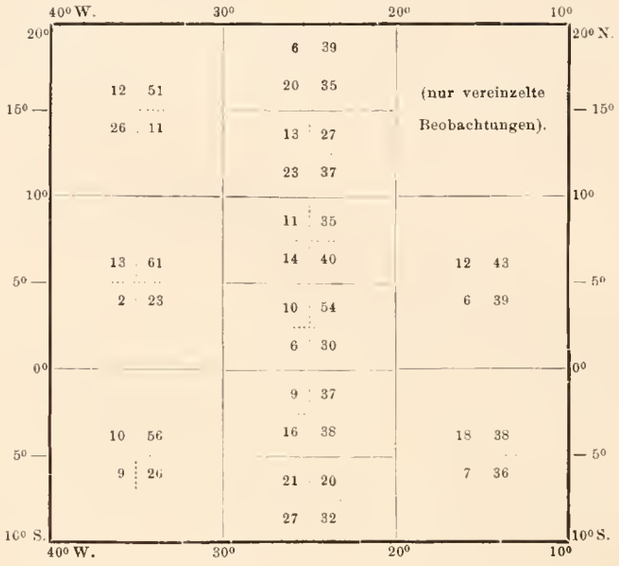
Die oceanischen Beobachtungen siud sehr zahlreich und sind wesentlich in den bekannten amtlichen Veröffentlichungen über die neun Zehngradfelder im mittleren Atlantischen Ocean zwischen 10° S und 20° N. Br. enthalten. W. M. Davis hat einmal eine ganz kurze graphische Zusammenstellung der durchschnittlich im Jahre vorherrschenden Zugrichtung der Cirren versucht (**5**, 137). Eine flüchtige Umschau in den Originalverzeichnissen macht es aber wahrscheinlich, dass nicht in allen Jahreszeiten dieselben Richtungen vorherrschen. So entschloss ich mich, das ganze Material, für je zwei Monate zusammengefasst, neu zu ordnen, und es ergab sich nunmehr, dass ganz unzweifelhaft die Sommermonate (Juni bis September) besonders für sich zu betrachten seien. Umstehende Tabellen I und II zeigen den im Durchschnitt ermittelten Zug der obern Wolken in Procenten für jeden der vier Quadranten, wie sie in dem englischen Quellenwerke enthalten sind, nur dass die auf die vier Hauptstriche N, S, E, W entfallenden Einzelbeobachtungen den benachbarten Quadranten je zur Hälfte überwiesen wurden. Die Gesammtzahl aller benutzten Beobachtungen für die 8 Zehngradfelder beträgt über 4000; für Darstellung des winterlichen Zustandes sind 2565, für die vier Sommermonate 1458 Einzelfälle verwendet; der Löwenantheil entfällt allemal auf den Meridionalstreifen zwischen 20° und 30° W. L., wo für das Winterbild 1905, das Sommerbild 1048 Beobachtungen vorlagen; diese konnten desshalb in halben Zehngradfeldern angeordnet werden, wie das schon im englischen Quellenwerk vorgesehen ist. Die Zahlen selbst sind so gewonnen, dass die procentischen

[1]) Nachdem das Obige bereits ein Jahr niedergeschrieben war, sind die schon sehr viel vollständigeren Zusammenstellungen von Hildebrandsson erschienen, auf die unten näher einzugehen sein wird.

I. Oktober bis Mai (8 Monate).



II. Juni bis September (4 Monate).

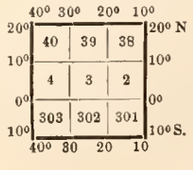


Mittelwerthe jedes Monatspaares mit gleichem Gewicht bei der Ausmittelung des Durchschnittswerths für den betreffenden längeren Jahresabschnitt eingesetzt wurden [1]).

Die so erhaltnen Zahlen reden nicht durchweg eine deutliche Sprache. Betrachten wir zunächst das für die acht Monate von Oktober bis Mai geltende Winterbild. Hingen die Zugrichtungen der Cirren nur vom Zufall ab, so würden auf jeden Quadranten 25 % kommen. Wir sehen aber in der Zone zwischen 10° und 20° N. Br., wo der Nordostpassat in der untersten Schicht herrscht, eine entschiedene Mehrzahl der obern Wolken aus einer Richtung zwischen S und W kommen: 44 % aller Beobachtungen im Quadrat [40], 56 % in der Nordhälfte und 55 % in der Südhälfte des Quadrats [39]. Das ist der Antipassat. In der Richtung des Passats ziehen 20 % im Quadrat [40], 22 und 25 % im Quadrat [39]: die ältern Instruktionen unterschieden nicht scharf zwischen den mittlern und höhern Wolkenschichten, sodass wohl tief ziehende gröbere *cirrocumulus* und *cirrostratus,* die dem NE-Passat folgten, mit zu den »obern Wolken« gezählt sein mögen. Aus Nordwest aber ziehen im Quadrat [40] volle 26 %, in [39] dagegen nur 10 und 5 %: wie sollen die gedeutet werden? Sie den untern Wolkenschichten ohne Weitres zuzuschieben, ist wohl nicht angängig, denn solch' mächtige Störung des Passats ist nicht wahrscheinlich. Vielleicht gehören sie den vom obern Antipassat nach unten hin abbiegenden Luftschichten an, die von der Erdrotation abgelenkt aus SW durch W und NW gehen und die obern Schichten des Passats speisen werden.

Meine eigenen Beobachtungen auf der Rückreise von Pará nach den Açoren gehören in diese Jahresperiode, da sie auf die Zeit vom 13. bis 20. Oktober fielen. Der Kurs berührte

[1]) Die Nummern der neun dargestellten »Zehngradfelder« ordnen sich so an: Sie sind der Deutlichkeit wegen im Text [eckig] eingeklammert.



dabei nur Quadrat [40], er hielt sich darin aber westlich von 35° W. Lg., und hier zogen die Cirren (vgl. oben Nr. 35 bis 41):

in 12° Br. aus SE.
» 15° » aus SSW.
(» 18° » muthmasslich ebenso, im Schiffskurs?)
» 22° » aus S.
(» 23° » aus südwestlicher Richtung im Schiffskurse?)
(» 25° » desgl. » » » desgl.)
» 30° » aus NW.

Die Drehung der Zugrichtung aus SE durch S nach W hin würde ganz normal sein.

Südlich von 10° N. Br. liegen die drei Quadrate [4], [3] und [2]. Hier ist die vorherrschende Richtung des Cirruszuges aus E und SE. Im Quadrat [3] kann man die Kalmenzone etwa in 5° Br. ansetzen: in der Nordhälfte herrschte darnach der Nordostpassat, und in der Höhe eine südöstliche bis südwestliche Luftströmung. In Quadrat [4] kommt auf beide östliche Quadranten nur ein geringer Ueberschuss (es fallen auf die 8 Monate auch nur 88 Einzelbeobachtungen!). Stärker ist dieser Ueberschuss in der Südhälfte des Quadrats [3], wo die nördlichsten Ausläufer des SE-Passats in die Kalmen übergehen. Aus Quadrat [2] liegen im Ganzen nur 65 Beobachtungen vor; sie ergeben ein schwaches Uebergewicht für die Zugrichtungen aus SE.

Die dritte Zone, die der südlich vom Aequator sich anschliessenden Quadrate [303], [302] und [301], zeigt ebenfalls die östlichen Zugrichtungen als vorherrschend. Neben dem Zuge aus SE, der 40 bis 44% in [303] und [302] erlangt, ist aber NE doch ziemlich stark vertreten, in der Südhälfte von [302] auch sonst nördliche Richtungen; und in Quadrat [301] ist der NE mit 39% an der ersten Stelle. So energisch ausgeprägte Majoritäten wie im Quadrat [39] für den Antipassat, kommen hier aber gar nicht vor. Muthmasslich liegen hier mehrfach die der mittlern Schicht angehörenden Cirrocumulusformen, die nur wenig vom Unterwind abweichen, als leider nachträglich nicht auszuscheidender Ballast in den Zahlen. Die Zugrichtung der hohen Wolken nahe am Aequator ergiebt sich aber doch als wahrscheinlich überwiegend von E nach W gerichtet: nördlich von 5° Br. mehr aus SE und S, dagegen südlich vom Aequator mehr aus NE und N kommend. Die aus westlichen Richtungen verzeichneten Cirrusbewegungen lassen sich nur schwer erklären, sie sind aber doch auffallend häufig, 11 bis 25%! Soweit sie aus NW kommen, könnten sie wohl schon dem Antipassat angehören, wenn man nicht an eine einfache optische Täuschung denken darf, da die durch die Wolkenlücken der untern Kumulusschicht sichtbaren und nach irgend einer Seite langsam sich bewegenden Cirren sehr leicht den Anschein erwecken, als ob sie dem untern Wolkenzuge entgegengesetzt strömten. Noch weniger anzufangen ist mit den südwestlichen Cirruszügen, die sich in ein System der allgemeinen Lufteirkulation nicht einreihen lassen. Wir kommen später noch darauf zurück.

Von den eigenen Beobachtungen sind hier nur die wenigen vom 4. bis 12. Oktober gelungenen (Nr. 29 bis 34) heranzuziehen. Sie ergaben ganz nahe am Aequator, aber noch

in südlicher Breite einen Zug sehr hoch schwebender Cirren von E nach W. In 2° N. Br. zogen sie aus NE, und in 9° N. Br. etwa aus SSE oder S.

Sowohl in den von Ferrel wie von Siemens aufgestellten Systemen der Luftcirkulation spielt eine energische Strömung der höhern Schichten von E nach W eine grosse Rolle. Das Umschwenken nach N hin (in 9° N. Br.) würde aber nur zum Ferrel'schen Schema passen, denn bei Siemens herrscht der Ostwind auch in der Höhe allgemein zwischen 35° N und 35° S. Br. Beobachtet hat diese kräftige östliche Windrichtung auch Lord Abercromby (**6**), und sein Verdienst ist es jedenfalls, die allgemeinere Aufmerksamkeit der Meteorologen darauf gelenkt zu haben. Da zwei seiner Durchkreuzungen des atlantischen Passatgebiets im December erfolgt sind, mögen die Einzelheiten hier kurz wiedergegeben werden. Er ordnet die Wolken in drei übereinander liegenden Schichten an. Die erste Reise ging von Tenerife zur Kapstadt, wie nachstehende Tabelle zeigt; die zweite aber nach dem Laplata.

1885	Br.	W.L.	Unterwind	Wolkenzug unten	Wolkenzug Mitte	Wolkenzug Höhe	Bemerkungen
Dez. 3.	30°N	14°	ENE	E	—	SE	bei Tenerife.
» 4.	25° »	16°	NE	NE	S	—	NEpassat.
» 5.	20° »	18°	NNE	—	S	—	»
» 6.	15° »	17°	E	—	SzW	—	bei K. Verde.
» 7.	10° »	16°	NNE	SzW	W	—	NEpassat.
» 8., 9½ a.	5° »	14°	NNE	SE	E	—	»
» » 11a.	»	»	Stille	—	—	E	Kalmen und
» » 3½p.	»	»	SzW	SE	—	—	SWmonsun.
» » 10½p.	»	»	SzW	S	SE	—	
» 9.	1°N	11°	SzW	S	SE	E	
» 10.	2°S	8°	SzE	SzE	—	—	SEpassat.
» 11.	6° »	7°	SSE	SSE	SSE	—	»

Das zweite Mal (Dezember 1888) waren die Verhältnisse ganz anders: der NE-Passat ging ohne Kalmen durch E zum SE-Passat über, wie das im Winter und Frühling auch sonst schon gelegentlich gefunden worden ist.[1]) Die untern Wolken zogen zwischen 5° N und dem Aequator aus E und SE, die mittlern und hohen Schichten aus SW, in südlicher Breite aber aus NW. Aber die Reiseroute war ja auch eine andre: Lord Abercromby fuhr von den Kapverden nach dem Laplata, kreuzte also den Aequator etwa in 30° W. L., und näherte sich darauf der südamerikanischen Küste. Vielleicht liegt hierin auch ein Fingerzeig zur Aufklärung. Nimmt man Buchan's neue Monatskarten der Luftdruckvertheilung[2]) zur Hand (**8**), so findet man für den December eine Barometerdepression (unter 757 mm) über dem untern Amazonas- und Araguayagebiet, die dann im Januar etwas weiter nach Süden wandert. Wie sie in den untern Luftschichten den Passat anzieht (so sehr, dass die Kalmen verschwinden können!), so muss sie auch in der Höhe eine ausströmende Bewegung erzeugen; und diese kann an der Ostseite (bei der geringen Ablenkung durch die Erdrotation) recht wohl einen Zug der Cirren aus einer westlichen Richtung hervorrufen, namentlich in den mittlern Schichten der Atmosphäre. Vielleicht hängen die im Quadrat [303] und auch in [4] überhaupt nicht so seltnen westlichen (besonders südwestlichen) Cirrusbewegungen hiermit

[1]) Bekanntlich kommt dieses Zusammenfliessen beider Passate im Pazifischen Ocean noch häufiger vor (**7**).

[2]) Minder brauchbar ist hierfür der Atlas des Atlantischen Oceans der D. Seewarte, Taf. 17.

irgendwie zusammen. In ähnlicher Weise erklärt ja auch Sprung (9) die grosse Häufigkeit des östlichen Oberwindes an der ganzen Küste Niederguineas durch die kontinentale Luftauflockerung über Südafrika.

Man sieht, dass sich die Schwierigkeiten des Verständnisses eigentlich nur vermindern, sobald man, wie wir uns oben vorgenommen haben, den Standpunkt einer durchaus schematischen allgemeinen Luftcirkulation verlässt und sich ganz auf den Boden der anderweitig gewonnenen Thatsachen, wie die der wirklich beobachteten Luftdruckvertheilung, begiebt.

Betrachten wir nunmehr Tab. II, die uns den Cirruszug für die vier Sommermonate Juni bis September vorführt.

Schon der erste Blick zeigt, dass in allen Zehngradfeldern die Bewegung der obern Wolken aus einer östlichen Richtung erfolgt; wo zur Winterzeit nördlich von 10° Br. der Antipassat die Hälfte aller Cirrusbeobachtungen beherrscht, scheinen im Sommer die dem östlichen Unterwind folgenden Strömungen auch in der Höhe zu überwiegen! Dasselbe kommt auch in der Zone zwischen 10° N und dem Aequator nur wenig verschieden zum Ausdruck: hier schwinden die Anzeichen eines Antipassats der Höhe zu ganz geringfügigen Procentantheilen zusammen. Das Maximum der SW-Züge ist in der Nordhälfte von [3] mit nur 14 Procent zu finden, gegen die 31 Procent des Winterbildes in derselben Gegend! Und auch südlich vom Aequator ist vieles anders: in [303] kommen aus NE 56 Procent, aus den beiden östlichen Quadranten ganze 82 Procent (gegen 72 im Winter). Dagegen ist in der Südhälfte des Quadrats [302] der obere Strom aus W (SW) mindestens ebenso zahlreich vertreten wie im Winter.

Das Dutzend eigener Beobachtungen, das Ende August und den ganzen September hindurch zwischen dem nördlichen Wendekreis und 8° S. Br. erhalten wurde, zeigt fast ausnahmslos den Cirruszug aus einer östlichen Richtung (Nr. 14 bis 28), nur am 8. September, eben südlich vom Aequator, zogen die groben Cirrocumuli (Form 9) aus S, und am 5. September früh die feinen Schäfchen aus SSE. Als Lord Abercromby im Juli 1885 von Rio nordwärts die Passatregion auf Tenerife zu durchschnitt, sah er in 8° N. Br., 25° W. Lg. die höchsten Cirren aus ESE ziehen, in 13° Br. eine mittlere Schicht aus E, in 22° N. Br. aber aus NNE kommen. Da fehlten also westliche Zugrichtungen in beiden Fällen.

Was nun den in den nördlichen Breiten bis an 20° N vorherrschenden Ostwind der Höhe anlangt, so bin ich geneigt, ihn in Zusammenhang mit den Erscheinungen des sogen. Südwestmonsuns zu bringen. Schon einige Jahre vor Antritt der Reise hatten mich die Beschreibungen der Witterungsvorgänge, wie sie aus den Sommermonaten südlich von den Kapverde'schen Inseln in den Schiffsjournalen der Seewarte vorliegen [1]) und von denen ich bei Untersuchungen über den Guineastrom eingehende Kenntniss erhalten hatte, zu der Vorstellung gebracht, dass die regenbringenden Tornados dieses Gebiets nichts als kleine Barometerminima sein möchten, denen vergleichbar, die in Indien vom Gangesdelta aus in nordwestlichem Zuge

[1]) Vgl. eine Anzahl klassischer Beispiele im »Segelhandbuch für den Atlantischen Ocean«, herausgegeben von der Seewarte, Hamburg 1885, S. 148 ff.

über Bengalen hin langsam nach dem Pandschab wandern und auch dort die Monsunregen fallen lassen. Zwar gelang ein im Jahre 1888 bei einem Aufenthalt auf der Seewarte auf Grund der deutschen Schiffsjournale angestellter Versuch, diese Depressionen in einer Folge synoptischer Karten für den August 1884 darzustellen, nur halb. Die Barometer werden offenbar an Bord nicht so genau abgelesen, wie es zu diesem Zwecke erwünscht wäre, wo die Isobaren von Millimeter zu Millimeter (nicht von 5 zu 5 wie sonst auf unsern Wetterkarten) eingetragen werden müssen, um die sehr flachen und kleinen Depressionen überhaupt zum Ausdruck zu bringen. Eine Entscheidung von Widersprüchen zwischen den gleichzeitigen Angaben nahe nebeneinander stehender Schiffe war meist unmöglich, und westlich von 30° W. Lg. fehlte es ganze Tage lang überhaupt an Beobachtern. Aber trotz aller dieser Schwierigkeiten war mir doch die Natur dieses Südwestmonsuns der Kapverdensee schon vor dem September 1889 ziemlich klar geworden. Die kleinen synoptischen Karten zeigen in dem Raume zwischen beiden Passaten, einer Rinne niedrigeren Luftdrucks, meist mehrere, mindestens zwei oder drei, kleine Depressionen, die vom afrikanischen Festland [1]) kommend im Allgemeinen eine ostwestliche Zugstrasse verfolgen. Im Anfang des, wie erwähnt, von mir darauf hin untersuchten Monats August 1884 liefen sie ziemlich grade nach W, später machten sie Schlingen nach N oder S, sodass alle Azimuthe in ihrer Zugrichtung vorkommen konnten, nur vielleicht die nach W gehenden häufiger als die andern. Die Orte, die diese Wirbel morgens 8 Uhr einnahmen, lagen in Breiten zwischen 20° und 3° N. Das in den Schiffsjournalen so anschaulich beschriebene Wetter entspricht genau unsern Gewitterböhen: bei leicht fallendem Barometer und flauem, meist westlichem Wind, schwüler und bedeckter Luft sieht man im Osten die Böhenwolken sich aufthürmen, in (durch die Perspektive) bogenförmig erscheinendem, drohend, fast kupferfarbig schimmerndem Wulst ziehen sie heran, in der Höhe ein lebhaft vordringender Cirrusschirm oder -Fächer, während der Unterwind ganz leise auf das Böhenfeld zu weht oder bald hier-, bald dorther flatternd mit Stillen wechselt. Ist die Wolke dem Zenith nahe gekommen, so setzt meist unter heftigen elektrischen Entladungen die Böhe aus Osten ein; nach oft unglaublich ergiebigem Regen folgt dann schlanker, erfrischender Nordostpassat mit heller Luft und steigendem Barometer. Der Reisebericht zeigt, wie wir vom 31. August bis 5. September diesen charakteristischen Typus der Witterung mehr oder minder ausgeprägt antrafen (vgl. A, S. 163 ff.)

Für unsre Frage ist nun von Bedeutung, dass diesen kleinen Luftwirbeln ein Cirrusfächer in der Bahnrichtung voranzieht, und da diese vorherrschend aus E nach W geht, so würden für die mittlern Schichten der Atmosphäre, denen die *cirrostratus* und *cirrocumulus* der Böhen angehören, die Bewegungen aus E ein gewisses Uebergewicht erhalten können. Aber auch andre, also westliche und südwestliche, Zugrichtungen dieser Art Cirren werden in den Schleifen und Krümmungen der wechselvollen Zugstrassen vorkommen. Die Beobachtungen

[1]) Aus den Schilderungen des unvergesslichen Dr. Nachtigal (Sahara und Sudan, I, 454—458, vgl. auch 139) geht unzweifelhaft hervor, dass die Regenzeit in Kuka am Tsadsee von ganz denselben Luftwirbeln beherrscht wird, die also von E nach W den Sudan zu durchziehen scheinen. — Für die indischen Regenwirbel vgl. Eliot in den Indian Meteorological Memoirs, vol. II, part IV, Calcutta 1885, p. 425 ff., besonders 445.

dieser sich in keineswegs beträchtlicher Höhe vollziehenden, die Sommermonate beherrschenden Vorgänge liegen aber in den Logbüchern der englischen Segelschiffe aufgezeichnet vor, untrennbar gemischt mit denen der wirklich hohen Schichten. Und daher wohl auch die Abweichungen des Sommerbilds der Tabelle II von dem Typus der Tabelle I, die sich doch, wie wir oben sahen, etwas besser dem Ferrel'schen Schema der allgemeinen Luftcirkulation anschliesst.

Im Anschlusse hieran mögen nun kurz die Beobachtungen des Cirruszugs auf Landstationen im Bereiche des nordatlantischen Cirkulationssystems zusammengestellt werden. Solche liegen nur von zwei Stellen vor, wenn wir von dem bekannten Auftreten des Antipassats auf dem Pic von Tenerife absehen.

In Tovar auf der Cordillere von Mérida in Venezuela (8° 10′ N. Br., 71° 40′ W. Lg., nach Sievers ist die Meereshöhe = 960 m) beobachtete A. Fendler (**10**) vom Juni 1856 bis Juni 1858 neben andern meteorologischen Vorgängen auch den Wolkenzug. Da in dem nebel- und regenreichen Gebirgsklima die obern Wolken nur selten sichtbar wurden, eignen sich seine Zusammenstellungen nicht zu einer Mittelbildung. Am günstigsten war noch der April 1857, wo im Ganzen 18 Mal obere Wolken bemerkt wurden, die 3 Mal aus WSW, 6 Mal aus W, 1 Mal aus WNW und 4 Mal aus NW kamen. Diese westliche Richtung (also der Antipassat) war bei den hoch ziehenden Cirren durchaus die Regel.

Ausführlicher und eingehender sind die von André Poëy (**11**) auf seinem Observatorium in Havana während der Jahre 1862 und 1863 angestellten Beobachtungen. Die Aufzeichnungen erfolgten stündlich Tag und Nacht hindurch, die Richtungen des Zuges sind, für die zwei Kategorien des *cirrus* und des *cirrocumulus* gesondert, nach den graden (16) Kompassstrichen angegeben. Reduziren wir die ganze Summe von 13669 Beobachtungen aus 23 Monaten auf 8 Hauptkompassstriche, so erhalten wir in Procentantheilen:

Zug aus:	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Anzahl:
Proc.	6.0	10.0	9.0	9.4	5.2	47.7	3.9	8.8	13669

Im Durchschnitt herrscht also hier nahe am Wendekreis (in 23° 9′ N. Br.) der Antipassat aus SW deutlich vor, doch fehlen auch östliche Zugrichtungen nicht. Sieht man näher zu, so fallen sie auf die Sommermonate. Bildet man die Mittel für die beiden Monate August und September, gesondert für die beiden Jahre 1862 und 1863, so erhält man folgende lehrreiche Angaben für den Zug der obern Wolken (wieder in Procenten):

Zug aus:	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Anzahl:
1862	9.6	18.0	2.8	10.9	16.8	23.9	3.7	14.2	2057
1863	15.3	4.3	21.3	21.8	3.4	27.5	3.7	2.7	1319

Man sieht erstens, wie auch in den Tropen die einzelnen Jahre sich sehr verschieden verhalten können, und dann, wie in der Regenzeit auch hier der östliche Cirruszug recht stark hervortritt und damit an die ganz ähnlichen Vorgänge in den oben untersuchten nordatlantischen Zehngradfeldern erinnert; die beiden Kategorien der *cirrus* und *cirrocumulus* machen übrigens in ihrer Frequenz dabei keinen wesentlichen Unterschied.[1])

[1]) Nachdem Obiges bereits ein Jahr niedergeschrieben vorlag, ersehe ich aus einem Aufsatze von Hildebrandsson (im »Archiv der Seewarte, 1891, Nr. 5 und Meteorol. Zeitschr. 1892, S. 266), dass auch noch

Noch wichtiger und anschaulicher sind die Bewegungen der feinen Aschenwolken, die bei Eruptionen amerikanischer Vulkane nicht selten die Luftströmungen der Höhe in überraschender Weise zum Ausdruck gebracht haben. Schon in Doves »Gesetz der Stürme« finden sich einige, seitdem in den Lehrbüchern oft wiederholte Beobachtungen der Art aufgeführt; nächstdem hat A. Mühry (**12**) auf die grosse Bedeutung dieser Vorgänge nachdrücklich hingewiesen, und seit dem Krakatau-Ausbruch des August 1883 dürfte ihr Werth unumstritten sein. In der That vervollständigen sie die unmittelbaren Beobachtungen des Cirruszuges in mehrfacher Hinsicht.

Ganz nahe am Aequator liegt auf der Ostcordillere von Ecuador der Cotopaxi (0° 43′ S. Br.), mit 5960 m Meereshöhe, der höchste unter den thätigen Vulkanen. Von ihm berichtet Moritz Wagner (**13**): »über dem Gipfel ist der Nordost allezeit vorherrschend. Stets nimmt die nach oben sich ausbreitende vulkanische Wolke über dem Kraterrand eine südöstliche (südwestliche?) Richtung[1]). In der Höhe von etwa 21000 Fuss (6800 m) wendet sie sich aber plötzlich wieder nach NW und bleibt bis zu einer Höhe, die wir auf mindestens 28000 Fuss (9100 m) schätzten, dieser Richtung getreu«. W. Reiss (**14**), der zuerst den Cotopaxi bestiegen hat, berichtet nur schlechtweg von Ostwind auch der hohen Luftschichten, der die in Intervallen ausgestossenen Rauchwolken vom Kraterrand ablöst und in ihrer Gesammtheit gegen W verschiebt, sodass man bei günstigen Verhältnissen 2, 3 und auch mehr solche Dampfsäulen hintereinander fortschweben sieht. Bei der Besteigung des Cotopaxi am 28. November 1872 erblickte Reiss »über der alles übrige verdeckenden Wolkenschicht (5000 m) ausser den Gipfeln des Iliniza und Chimborazo gegen SW hoch über der südlichen Fortsetzung des Hochlands von Riobamba eine kompakte Rauchmasse, zusammengesetzt aus vier dicken, mit vulkanischer Asche beladenen Säulen, die senkrecht zu einer erstaunlichen Höhe aufstiegen und vom Ostwinde fortgerissen die Atmosphäre auf die Entfernung von vielen Legoas mit einer zweiten wagerechten Wolkenschicht erfüllte: dort ragte der Sangay (2° S. Br.), dessen Spitze unsichtbar blieb, aber dessen vulkanische Thätigkeit in der bezeichneten Weise sich kundgab«. »Die feine Asche bleibt in der Luft schweben, fällt selten auf das Hochland (so einmal am 27. December 1872 in Riobamba von Dr. Stübel beobachtet), aber oft in dichtem Regen auf der Einsattelung der Westcordillere, die man auf dem Wege nach Pallatanga und Gramote überschreitet; dort liegt dicht der feine schwarze Sand, der mit saurer Feuchtigkeit imprägnirt der Vegetation verderblich wird«. In diesen Breiten, so nahe am Aequator, scheint also der Ostwind bis in beträchtliche Höhen hinauf ebenso zu herrschen, wie nach meinen Cirrusbeobachtungen bei Pará (vgl. oben Nr. 29); dass er nach oben hin an Stärke zunimmt,

Beobachtungen des Cirruszuges aus Paramaribo (5° 44′ N. Br.) und von den »Antillen «(welchen?) vorliegen; sie ergeben, nach den vier Jahreszeiten geordnet, folgende mittleren Zugrichtungen:

		Winter:	Frühling:	Sommer:	Herbst:
Paramaribo:	aus:	E	E 1° S	E 2° S	E 1° N
Antillen:	aus:	E 7° S	E 29° S	E 30° S	E 14° S

Man sieht auch hier, wie so nahe am Aequator die recht östlichen, in höherer Breite aber die ESE-Richtung dominirt, besonders im Sommer.

[1]) Nach der von Wagner gegebenen Abbildung scheint der Rauch nach SW zu ziehen.

geht aus den Zeichnungen der Rauchsäulen hervor, wie sie sowohl von Wagner als von Reiss gegeben sind. Der Uebergang zum Antipassat wird hier noch nicht erkennbar.

Dies geschah aber schon wenige Breitengrade nördlicher. Am 15. Juni 1869 hatten Dr. Reiss und Stübel Gelegenheit, eine Eruption des Vulkans von Pasto (1° 14′ N. Br., 4180 m hoch) zu beobachten. In einem kanonenschussartigen Ausbruche wurde die Aschenwolke bis zur Höhe von 8736 m (nach genauer Messung) hinaufgeschleudert. Es fiel dabei in der Stadt Pasto, die dicht am Fusse des Berges ostwärts (d. h. luvwärts) davon liegt, keine Asche. Aber mehrere Stunden nachher kam aus Osten ein feiner Aschenregen, der zu der Vermuthung Anlass gab, dass irgendwo in der Ostcordillere ein Ausbruch stattgefunden habe. In der That aber hatte die Rauchsäule den unten herrschenden Ostwind durchbrochen und war vom darüber liegenden Antipassat (Westwind) nach der Ostcordillere zu geführt worden, von wo die Asche dann, sich allmählich in die Tiefe senkend, wieder in die Passatregion gelangen und mit dem Ostwind an den Ausbruchspunkt zurückkehren konnte. Also ganz ähnlich, wie beim Ausbruch des Vulkans von St. Vincent (13° N. Br.), dessen Asche am 1. Mai 1812 östlich davon in Barbados niederfiel, worauf L. v. Buch und Dove schon ebenso hingewiesen haben, wie auf den Ausbruch des Coseguina[1]) an der Fonsecabai in Nicaragua (12° 58′ N. Br.) am 20. Januar 1835 (**15**). Die Asche dieses nicht gar hohen Vulkans (er hat seit der Eruption 865 m Höhe) ist damals mit dem Passat in die Südsee hinaus bis 7° 26′ N. Br., 104° 45′ W. Lg. getragen worden, wo Kapitän Eden mit dem englischen Kriegsschiff Conway Aschen- und Bimssteinfall erlebte (1100 Seemeilen vom Coseguina entfernt). In einer mittleren Schicht der Atmosphäre trieb die Asche aber auch nach NW, sodass die Stadt Chiapa in Mexiko von ihr erreicht wurde (16° 35′ N. Br., 92° 50′ W. L.), während der Antipassat der Höhe sie nach Truxillo an der Nordküste von Honduras und am 24. Januar nach St. Anne's in Jamaica[2]) brachte, wo ihr Niederschlag beobachtet wurde. Welche vertikale Höhe der untere Passat dabei beherrschte, ist hieraus nicht zu entnehmen; festzustellen aber ist anderweitig, dass auf dem 5450 m hohen Pik von Orizaba (19° N. Br.) die Dämpfe des Kraters noch mit dem Passat nach SW ziehen (**16**).

Wirft man einen Rückblick auf die hier gesammelten Angaben über Cirrus- und Aschenwolkenzug, so will mir scheinen, als wenn das von Ferrel und Sprung aufgestellte Schema der atmosphärischen Cirkulation dazu noch am Besten passte.

§ 3. Einige Bemerkungen über die sogenannten Rossbreiten und über den Seewind bei Pará.

Schon an mehreren Stellen der Reisebeschreibung (A, S. 115 und 317) und auch im vorigen Abschnitt (oben S. 30) war darauf hinzuweisen, dass das Wetter im Bereich der sogen.

[1]) Die anschaulichste Schilderung dieses grandiosen Ausbruchs hat mein unvergesslicher Lehrer und Freund K. v. Seebach gegeben in dem posthumen Werke über die Vulkane Central-Amerikas (Bd. 38 der Abh. der Kgl. Ges. der Wiss. zu Göttingen, 1892, S. 99—106).

[2]) Man beachte diese Anordnung: unten nach SW, in mässiger Höhe nach NW, noch höher nach NE, also ganz nach Hildebrandssons Regel, die höhere Schicht auf der nördlichen Hemisphäre immer rechts von der tieferen.

Rossbreiten Merkmale darbot, die mich anfänglich überrascht haben, mir aber nach einigem Ueberlegen alsbald vollkommen verständlich wurden. Da ich in den vorliegenden Handbüchern der Meteorologie nichts finde, was den Einen oder Andern hindern könnte, ähnliche falsche Vorstellungen in die Rossbreiten mitzunehmen und sich dann ebenso überrascht zu finden wie ich, ist es vielleicht nützlich, dem Rossbreitenwetter an dieser Stelle noch einige Zeilen zu widmen.

Auch hier mag zunächst der thatsächliche Befund festgestellt und alsdann die Erklärung daran geknüpft werden.

Nachdem wir am 10. August früh Morgens die Bermudas-Inseln verlassen hatten, mussten wir mit unserm nach ESE gerichteten Kurse in die »Rossbreiten« hineinkommen. Südliche, ganz leichte Winde, ein ständig hoher Barometerstand und hohe Lufttemperatur charakterisirten dann auch den 11. und 12. August. Doch fiel auf, dass insbesondre Abends ganz vereinzelte riesige Cumuluswolken sich hoch aufgethürmt einstellten. Sie erhielten sich, als wir weiter nach Osten kamen, auch in der Nacht, und am Morgen des 14. August, in dem Augenblicke, als wir die Planktonfischerei beginnen wollten, traf sogar ein kurzer Regenschauer von höchstens einer halben Minute Dauer und mit wenigen grossen Tropfen das Achtertheil des Dampfers. Zwischen 9 und 10 Uhr sahen wir in weiter Ferne am Horizont im SW einen andern grossen Cumulus regnen, um $11^h\ 20^m$ bis $11^h\ 30^m$ einen dritten im ENE von uns. Mittags waren wir in 30° 55′ N. B., 53° 54′ W. L. Dieselben Erscheinungen dauerten noch bis zum 15. August Nachmittags an, wo der Wind auffrischte und die Bewölkung die zahlreichen und kleinen, in Längsreihen mit dem Winde ziehenden Cumulussäulen zeigte, die der Seemann als wesentliches Merkmal der »Passatluft« kennt. — Um nicht vor der Zeit in den Passat zu gerathen, wurde der Kurs erst nach E und dann N79°E geändert, sodass wir am 17. August Mittags in 31° 24′ N, 46° 29′ W. Lg. standen. Die Passatluft mit ihren Reihen kleiner *Cumuli* war nun geschwunden, dafür brachten wieder die einzeln stehenden Riesen-Cumuli gelegentlich kurze Regenschauer; einmal um Mitternacht zum 19. August regnete es sogar fast eine halbe Stunde lang auf dem National. Die Winde waren durchweg flau und von oft wechselnder Richtung, wie sie der Seemann als »Mallungen« bezeichnet. Besonders reichlich waren die Riesen-Cumuli am 20. August (Mittagsposition: 30° 12′ N, 37° 40′ W); aus den westlichen Mallungen des Vormittags kam eine leichte, nordwestliche Brise durch, die aber einigen, hinter uns an der Kimm vom West- bis zum Nordpunkte stehenden, dichten Nimbuswolken zu entströmen schien, und die im Laufe des Nachmittags durch N nach NNE herum- und allmählich auffrischend zum NE-Passat überging. Noch am Nachmittag 6 Uhr traf uns eine ganz schwache Regenböhe, von 10 bis 11 Abends eine anhaltendere aus einem solchen Cumulus, am andern Mittag aber hatten wir, nun mit S42°E-Kurs den Kapverden zusteuernd, stärkern ENE-Wind erreicht (in 28° 52′ N, 34° 48′ W). Doch behielt der Passat auch noch an den folgenden Tagen einen merkwürdig regnerischen Charakter bis zu den Kapverden hin. — Erst in SE-Passat gab es wieder anhaltend die typische »Passatluft«.

Auf der Heimreise überschritten wir am 16. Oktober früh 20° N. Br. in 37° W. Lg. bei recht kräftigem Passat, der, je mehr wir nordostwärts vorschritten, zu Regenböhen Neigung

zeigte. Die Passatluft, die noch den vorher gehenden Tag (15. Oktober) gekennzeichnet hatte, war jetzt verschwunden, dafür die einzelnen riesigen *Cumuli* wieder an der Tagesordnung, Nachmittag um 2, 4, 5, $6^1/_2$, 7 Uhr sandten sie uns kurze Schauer von Staubregen zu. Ebenso ging es am 17. Oktober (Mittagsposition: 23° 12′ N, 36° 19′ W). Hier schrieb ich ins Meteorologische Journal der Seewarte: »In den Böhen ändert der Wind seine Richtung, bald gegen die Sonne, bald mit derselben drehend; anscheinend weht er radial aus dem Böhenfeld heraus«. Das Barometer hielt sich zwischen 767.0 bis 767.7 mm (reducirt auf 0°). Mit dem Kapitän auf der Kommandobrücke stehend konnte ich diese Vorgänge Stunden hindurch beobachten. Ging die Böhenwolke vor dem Schiff vorüber, so wurde für uns der NE-Passat zu einer N- und NW-Böhe; ging der Cumulus hinter uns vorbei, so traf uns der Windstoss aus SE bis SSW. Die Windstärke ging dabei von 5 bis zu 6, ja 7 Beaufort hinauf und dann wieder zu 5 hinunter. Nachmittags kamen diese Regenschauer seltner vor, die Luft war zeitweilig ganz passatartig, doch fehlten leichtere Böhen bei stetig abnehmender Windstärke auch am 18. Oktober nicht ganz, obwohl das Wetter ungleich angenehmer wurde. Da die Sonnensegel weggenommen waren, sind wir doch auch an diesem Tage noch drei oder vier Mal durch den Staubregen vom Deck vertrieben worden. Der Barometerstand war dabei unverändert wie am 17. Erst am 19. (Mittags in 28° 20′ N, 32° 36′ W) hatten wir ganz klaren Himmel und stille, äusserst sichtige Luft, also typisches Rossbreitenwetter, das auch am 20. anhielt, um dann freilich bald ein jähes Ende zu nehmen.

Was an diesen Vorgängen merkwürdig und auffallend ist, habe ich bereits in der Reisebeschreibung (A, S. 115) ganz kurz hervorgehoben. Die Rossbreiten sind die Region einer wesentlich absteigenden Bewegung in der Atmosphäre. Der Antipassat der Höhe wendet sich zum Theil abwärts und speist, nach der Erdoberfläche zurückgekehrt, den Passat der untersten Luftschichten. Eine »wesentlich absteigende Bewegung« aber erwärmt die Luft, vermindert damit ihre relative Feuchtigkeit, sodass absteigende Luft trocken und dürr ist, wie es denn auch ein klimatologisches Gesetz ist, dass die Wüstenregionen der Erde Gebiete vorherrschend absteigenden Luftstroms sind. Trotz dieser zu erwartenden Lufttrockenheit und Regenarmuth also sahen wir uns in den Rossbreiten und an der Polargrenze des NE-Passats von Regenschauern getroffen.

Die Lösung dieses Widerspruchs ist sehr einfach; sie führt zurück auf eine falsche Vorstellung von der Mechanik der absteigenden Luftströme, auf denselben Fehler, dem Jahrzehnte hindurch die deutschen Meteorologen gegenüber dem aufsteigenden Luftstrom der Kalmen verfallen waren, und der zuerst von Lamont (1862) ohne rechten Erfolg, dann aber von Hann (17) um so durchschlagender bekämpft worden ist. Jetzt lernen auch die Anfänger in der Meteorologie, dass man sich den aufsteigenden Luftstrom der Kalmen nicht so vorstellen dürfe, als ob die gesammte Masse der vom Passat herbei geführten Luft nach oben abschwenke, um dann polwärts als Antipassat zurückzukehren, sondern dass dieser vertikale Aufstieg nur örtlich begrenzte Partieen der Luft ergreife und oscillirend, bald nach oben, bald wieder etwas nach unten, erfolgen könne, wobei zwischen den aufsteigenden Partieen auch lokal absteigende eingeschaltet sind. Ein Aufsteigen ganzer breiter Luftmassen erfolgt nur, wenn lange Gebirge

zu überschreiten sind. Wir wissen dann ferner aus den Experimenten von Dr. Vettin in Berlin (18), wie die langsam aufsteigenden Luftstrahlen sich alsbald pilzartig (pinienartig) verbreitern und an diesen Schirmen zurücklaufende »Rollen« bilden.

Ueberträgt man diese Vorstellungen auf die absteigenden Luftströme, so wird man auch bei diesen nur örtlich begrenzte Luftmassen, fast könnte man sagen: Luftstrahlen, sich nach unten in Bewegung begriffen denken dürfen, diese Strahlen oder Säulen getrennt durch anders bewegte Luftmassen, und namentlich da, wo sie die Erdoberfläche treffen, die Rollen bildend, d. h. in aufsteigende Bewegung übergehend. Vettins Abbildungen solcher aus der Höhe herabsteigenden Luftstrahlen machen dies überaus anschaulich. In dem Bereiche der örtlich aufsteigenden Luftbewegung wird es leicht zu Kondensationen kommen, die dann diese riesigen und dabei vereinzelten Cumulusmassen erklären, von denen wir inmitten und am südlichen Rande der Rossbreiten so überrascht wurden. Ebenso aber auch wird das Verhalten der Luftbahnen im Bereiche solcher Böhen, die den eben entstandenen Passat an seiner Polargrenze immer frisch aus der Höhe regeneriren, also die Divergenz der Windstösse radial aus dem Böhenfeld heraus, wie am 17. Oktober besonders deutlich zu sehen war, leicht ihre Erklärung finden.

* * *

Die Land- und Seebrisen, diese charakteristische Erscheinung der Tropen- und vieler Subtropenküsten, lernten wir zuerst und allein in Pará und in der Mündung des Tocantins kennen. Solange wir im Hafen von Pará vor Anker lagen, beobachteten wir sie ganz regelmässig als eine deutliche Ablenkung des Passats, der sich dadurch in derselben Weise beeinflusst erwies, wie das schon Dampier vor 200 Jahren aus den Indischen Küstengewässern für den Monsun beschrieben hat. Wäre der Passat nicht vorhanden, so hätten wir in Pará, das östlich vom meerbusenartigen Tocantins liegt, Nachts den Landwind von SE, Tags den Seewind von NW her fühlen müssen. Nun wehte aber der Passat aus NE mit ziemlicher Kraft (vor Punta Atalaia am 22. Oktober mit Stärke 6 Bf.), sodass die Land- und Seebrisen ihn nicht ganz verdrängen konnten. So war dann die jeweilig herrschende Windrichtung als Resultirende aus beiden, dem Passat und der See- oder Landbrise, aufzufassen. Morgens um Sonnenaufgang wehte der Wind meist kräftig aus E oder ENE: das war also die Resultirende aus Passat und Landwind. Vormittags liess der E-Wind an Kraft langsam nach, war von 10 bis 12 fast ganz erstorben, sodass es dann wirklich recht heiss wurde, und ging dann, mit noch höher steigender Sonne, wieder angenehm fühlbar werdend, nach N und NNW herum, woher er Nachmittags, nach den letzten schwachen Gewitterregungen der zu Ende gegangenen Regenzeit, um 3 oder 4 Uhr recht kräftig und erfrischend auftrat. Mit sinkender Sonne drehte der Seewind darauf rasch abflauend nach NNE, NE und ENE zurück; wonach dann des Nachts wieder der Landwind aus E kam.

An diesen Vorgängen ist, soweit die Richtung der Brisen in Betracht kommt, nichts Merkwürdiges. Auffallender aber war, dass die Seebrise dann besonders kräftig wurde, sobald die Flut eintrat, was sowohl in Pará wie bei unserm unfreiwilligen Auf-

enthalt vor den Goyabal-Bänken ganz unzweifelhaft festzustellen war. Am 3. Oktober, Morgens um 6 Uhr war der NATIONAL hier auf Grund gelaufen. Nachmittag um $2^h\ 50^m$ bis gegen 3^h war der niedrigste Wasserstand, also Ebbestrom den ganzen Vormittag über, und der NE-Passat dabei sehr schwach. Als dann um 3 Uhr die Flut einsetzte, frischte der NE auf bis Stärke 7 und hielt so bis Sonnenuntergang an. Am andern Tage war der niedrigste Wasserstand zwischen $4^h\ 15^m$ und $4^h\ 30^m$. Der Flutstrom war kaum eine halbe Stunde im Gange, als der bis dahin flau gewesene NE recht auffrischte und erst gegen 8 Uhr wieder abflaute. Nur im Zusammenhang freilich mit den mehrtägigen Beobachtungen in Pará gewinnen diese Thatsachen an Bedeutung. Ich mache noch ausdrücklich darauf aufmerksam, dass hierbei nicht an eine Einwirkung der bekannten täglichen Periode der Windstärke, die ihr Maximum von 1—3 Uhr Nachmittags hat, gedacht werden könnte. Diese Stunden gehörten damals vor Pará zu den relativ ruhigsten am ganzen Tage.

Allerdings muss ich bekennen, dass die Frage nach solchen Beziehungen zwischen Seewind und Flutstrom nicht ganz neu für mich war. Als ich im Sommer 1882 in einem an der Seewarte damals eröffneten Lehrkursus für Navigationslehrer von den Land- und Seewinden sprach, richtete ein ältrer Zuhörer, Kapitän Le Moult, an mich die Frage, ob ich ihm nicht erklären könnte, »weshalb im Hafen von Saigon die Seebrise immer erst mit der Flut käme«. Die nähere Darlegung seiner Beobachtungen, die er dann kurz aus der Erinnerung reproducirte, liess zwar die Thatsache für die Zeit, wo der Kapitän in jenem Hafen verweilt hatte, als wahrscheinlich richtig beobachtet erkennen; aber wir kamen damals überein, in dem Zusammentreffen beider Erscheinungen theils Zufall, theils eine Aeusserung der bekannten täglichen Periode der Windstärke zu erblicken. Die erfahrenen nautischen Autoritäten der Seewarte hatten nichts Aehnliches weder in Saigon, noch sonstwo beobachtet; wohl aber wurde ich darauf aufmerksam gemacht, dass an der Unterelbe unter den Anwohnern die Meinung verbreitet sei, dass Gewitter immer nur mit der Flut stromaufwärts von Cuxhaven nach Hamburg zögen, niemals gegen die Ebbe. Das war die einzige Beziehung zwischen Gezeitenströmen und atmosphärischen Vorgängen, die damals als ein dem nähern Studium zu empfehlendes Problem anerkannt wurde.

Von Pará in die Heimath zurückgekehrt, durchsuchte ich, was an Segelanweisungen u. dergl. in Kiel und bei gelegentlichem Besuch der Seewarte in Hamburg mir zur Hand kam; ich war aber nicht sehr glücklich im Auffinden von analogen Beobachtungen oder Behauptungen. Immerhin kann ich deren drei beibringen.

In den von Staff Commander James Penn bearbeiteten Sailing directions for the West Coasts of France, Spain and Portugal, London 1867. p. 273, findet sich folgende Stelle, die sich auf Cadiz bezieht:

The sea breezes vary from W to NNW and are generally strongest at the full and change of the moon, when they not unfrequently blow during the whole night. They set in most commonly with the flood, and are of less strength when the tide makes near noon[1]), indeed, at that period calms are not

[1]) Diesen Satz vollkommen einwandfrei zu übersetzen, will mir nicht gelingen; als Sinn sollte man erwarten, dass, wenn um oder nach Mittag Ebbe (also statt *tide: ebb tide*) läuft, der Seewind schwach bleibt.

uncommon throughout the day. The landwind seldom reaches the ancorage, although above the Puntales castle there is scarcely a night without it etc.

Der zweite Fall wird von Kamerun berichtet. Und zwar stimmen darin die Beschreibungen des Kreuzers Habicht mit denen des Cyklop (19) überein. Das Kommando des Habicht schreibt in den Annalen der Hydrographie 1887, S. 164:

»Land- und Seebrise traten ziemlich regelmässig auf. erstere aus NE bis NW, Stärke 1—2, auf Reede Stärke 3—4; letztere (die Seebrise) aus WSW bis SW bis zur Stärke 6. Der Eintritt der Seebrise erfolgte gewöhnlich um 12^h Mittags: sie war am Stärksten, wenn Nachmittags Flut lief, nur einmal blieb sie gänzlich aus.«

Ferner findet sich beim unerschöpflichen Varenius (Geographia generalis, Amstelod. 1650, p. 434) folgende Frage und Antwort:

An ventus quidam oriatur a fluxu maris et fluviorum? — Testatur experientia, quod in illis locis, ubi fluxus et refluxus maris sentitur, si quando aër ab aliis ventis liber est, plerunque cum affluente aqua ex mari etiam ventus ex mari spiret. Verisimile itaque videtur, aërem propter contiguitatem moveri vel rapi cum aqua in eandem plagam. Sed diligentius hoc observandum est, an aëre quieto cum affluxu maris perpetuo sentiatur is ventus. Puto tamen aliam quoque ejus venti posse dari causam nimirum quod aër pellitur e loco ab affluente aqua: movetur autem aër multum ad levem impressionem. Sic volunt aërem moveri cum fluviis celeriter currentibus, ut Zaire (= Kongo), Rheno etc.

Varenius, der offenbar viel mit »befahrnen Leuten« verkehrt hat. wird wohl von ihnen die Behauptung gehört haben, dass die Seebrise gewöhnlich erst mit der Flut komme. Als vorsichtiger Kritiker, wie eigentlich immer wo er frisch vor ein sonst neues Problem gestellt wird, sieht er freilich die Sache etwas misstrauisch an, und verlangt aufmerksamste Prüfung, ob in jedem Falle nach Windstille die Luft mit dem Strome in Bewegung gerathe. Sehr viel schärfer ist wenigstens ein Theil der Beschreibung von Cadiz: die Seebrise kommt gewöhnlich mit der Flut und sie ist am Stärksten bei Springflut. Der deutsche und der englische Seeoffizier verzeichnet nur die Thatsachen, Varenius aber versucht trotz innerlicher Bedenken doch alsbald eine vorsichtige Erklärung oder eigentlich gleich deren zwei. Jedenfalls darf man die Ueberzeugung aussprechen, dass hier und da dieselben Beziehungen zwischen Gezeitenstrom und Seebrise vorhanden und den Schiffern bekannt, aber noch nicht veröffentlicht sein mögen. Auf Grund folgender Ueberlegungen wird man in der That diese Beziehungen nicht für unwahrscheinlich halten dürfen.

Zunächst kann man nicht daran denken, dass der Flutstrom die über ihm lagernde, sonst stille Luft gleichsam auf seinem Rücken mit sich stromaufwärts trage. Wir hören von Kamerun und wissen auch von andern Orten, dass die Seebrise eine grosse Geschwindigkeit, mindestens Stärke 4, bisweilen bis 6 Bf. erlangt: das sind 7—11 m. p. s., oder in Seemeilen pro Stunde (Knoten) ausgedrückt: 14 bis 21 Knoten. So schnell läuft nirgends in der Welt der Gezeitenstrom; wenn er irgendwo recht kräftig in Flussgeschwellen läuft, kommt er selten über 7 Knoten. Auf unserm Ankerplatz vor Pará versuchte auf meinen Wunsch der Kapitän einmal den von uns auf ca. 5 Knoten geschätzten Gezeitenstrom mit der Patentlogge zu messen; das Instrument gerieth aber auf Grund und kam leider ganz verschlammt und versandet wieder an Bord, sodass unser Mechaniker es auseinander nehmen und reinigen musste. Nach den englischen Segelanleitungen kommen zur Springzeit bei Pará aber Gezeitenströme bis zu

7 Knoten Stärke (= 3.6 m. p. s.) vor. Das gäbe aber doch, auf die Luft übertragen, erst einen Wind von Stärke 2 Bf., während die Seebrise vor Pará mindestens Stärke 5 bis 6, vor Goyabal zeitweilig 6 und 7 Bf. erreicht hat. Also an einen Transport der Luft auf dem Rücken des stromaufwärts gehenden Gezeitenstroms ist nicht zu denken.

Dass andrerseits eine Uebertragung der horizontal fortschreitenden Impulse von der Wasseroberfläche auf die unterste, damit in Kontakt stehende Luftschicht (also eine Triftströmung mit vertauschten Rollen) noch weniger die beobachtete Windstärke der Seebrise liefern würde, liegt klar auf der Hand.

Auf Grund ähnlicher Erwägungen kann möglicherweise schon Varen auf seine zweite Erklärung geführt sein: dass nämlich das stromauf gehende und das Flussbett mit steigendem Niveau auffüllende Wasser die Luft verdränge, die Luft, »die ja vielfach schon leichten äussern Impulsen folge«. Dadurch würde freilich wohl eher ein Luftstrom aus dem doch meist einige hundert Meter breiten Flussbette heraus über die beiden Ufer hin erzeugt werden, aber kein landeinwärts längs dem Flusse streichender »Seewind«. Indess scheint mir doch dieser Vareniusschen Theorie ein richtiger Kern zugrunde zu liegen.

Bekanntlich wird die Seebrise dadurch ins Leben gerufen, dass bei Tage mit zunehmender Erwärmung über dem Lande, bei nahezu unveränderter Luftwärme über dem benachbarten Meere, die untersten Luftschichten sich ausdehnen, wodurch also die isobarischen Flächen über Land gehoben werden, während sie draussen über dem Meer nahezu ungestört bleiben. So entsteht in der Höhe ein Gefälle vom Lande nach der See zu, die Luft der Höhe strömt seewärts ab und häuft sich dort auf. Die unterste Luftschicht wird, sowohl durch den Ueberdruck in See, als auch durch die Luftentziehung über dem Lande, auf das Land zu in Bewegung gesetzt, sodass damit die bekannte Cirkulation in den von diesen Erwärmungsdifferenzen berührten Luftschichten zustande kommt. Die Vorgänge für die Entstehung des Landwinds bei Nacht durch Einsinken der isobarischen Flächen über Land brauchen hiernach wohl kaum näher auseinandergesetzt zu werden.

Nun wird die Luft über flachen Aestuarien, die tief ins Land hinein reichen, oder über Flussmündungen, die von breiten Landflächen umgeben sind, sich in diesen Erwärmungsvorgängen nicht wesentlich vom umgebenden Land unterscheiden, und so wird auch über diese Wasserflächen dahin in der warmen Tageszeit der Seewind landein- oder stromaufwärts, Nachts der Landwind umgekehrt wehen.

Andrerseits aber ruht doch die unterste Luftschicht, anders wie auf dem umgebenden Lande, hier über diesen meist mehrere hundert Meter breiten Flutbecken auf beweglicher Grundlage, auf einem Wasserspiegel, der vom Niedrigwasser bis zum Hochwasser in $12^{3}/_{4}$ Stunden steigt und dann wieder ebenso lange fällt. Trifft es sich nun so, dass am Vormittag, während die isobarischen Flächen durch beginnende Erwärmung der Luft gehoben werden, nun auch mit steigendem Wasser (und zugleich einsetzendem Flutstrom) die gesammte über dem Flutbecken liegende Luftmasse mechanisch gehoben wird, so sieht man leicht ein, wird damit das ohnehin in der Höhe schon vorhandene Gefälle durch diese mechanische Hebung der Luftschichten entsprechend verstärkt, und zwar desto mehr, je höher die Flut steigt. Dass damit

die Cirkulation des ganzen Systems sich beschleunigen muss, ist ohne Weitres klar. Die Folge dieses Zusammentreffens würde also ein starker Seewind während der heissen Tageszeit sein, aber auch ein kräftiger Landwind grade in den letzten Stunden der Nacht und um Sonnenaufgang. Wenn nämlich beispielsweise Niedrigwasser um 10 Uhr Vormittags stattfindet, so läuft der Flutstrom mit steigendem Wasser bis Nachmittags 4 Uhr und verstärkt dann durch den hohen Wasserstand den Seewind bis gegen Sonnenuntergang. Von 4 Uhr Nachmittags bis Abends 11 sinkt der Wasserstand, dabei hört erst die Seebrise auf und die Landbrise bereitet sich vor. Sie kommt aber gar nicht oder nur zu schwacher Entwicklung, denn von 11 Uhr Nachts bis 5 Uhr früh findet wieder ein Steigen des Wassers statt, sodass dadurch das Zusammensinken der abkühlenden Luftschichten durch Hebung ihrer Unterlage mehr oder minder kompensirt wird, bis Morgens nach 5 Uhr das Wasser fällt und nun mit einem Mal der Landwind mit der Ebbe zugleich sich kräftig entwickeln kann. An solchen Tagen wird also der Seewind stark sein, der Landwind aber bisweilen ganz vermisst werden.

Umgekehrt kann, wenn grade um die Mittagsstunden der Wasserstand fällt, hierdurch die thermische Hebung der isobarischen Flächen merklich behindert werden, ja sogar der Seewind überhaupt nicht zur Ausbildung kommen, während der Landwind des Nachts sich sehr wohl entwickelt.

Bei Springzeit, wo der Wasserstand am höchsten steigt und am tiefsten fällt, können demnach die isobarischen Flächen unter günstigen Umständen ein besonders starkes Gefälle in der Höhe erhalten, sodass, wie bei Cadiz, dann die Seebrise am kräftigsten auftritt.

Man sieht übrigens aus allem vorher Gesagten, dass an demselben Orte kaum länger als an drei oder vier aufeinander folgenden Tagen solche in gleichem Sinne wirksamen Beziehungen zwischen Gezeit und Seewind vorhanden sein können: ein Umstand, der sehr wesentlich dazu beigetragen haben dürfte, die Beobachtung dieser Vorgänge so vereinzelt zu machen. Denn eben wenn die Aufmerksamkeit rege zu werden beginnt, wird die Erscheinung schon ganz anders verlaufen, wie sie ja überhaupt in jedem Mondmonat, streng genommen, nur zweimal in ganz gleicher Weise auftreten kann.

Eine einfache Rechnung nach der barometrischen Höhenformel zeigt, dass ein Flutwechsel von wenigen Metern Amplitude in der That schon recht wirksam eingreifen kann. Geben wir der untersten Schicht an der Basis der Atmosphäre über dem Lande und über dem Meere im Anfangszustande einen Luftdruck von 760 mm, so wird die isobarische Fläche von 745 mm etwa in 170 m Höhe über dem Erdboden liegen. Die Temperatur nehme über dem Lande vom Boden bis zu dieser Höhe um 1.5° ab, betrage also bei Tage zur Zeit der höchsten Erwärmung unten 30°, oben 28.5°, am Ende der Nacht dagegen unten 20°, oben 18.5°, so giebt die Höhenformel uns die Lage der isobarischen Fläche von 745 mm über dem Lande genauer an:

Nachmittags zu 177.5 m,
Nach Mitternacht zu 172.0 »

woraus eine senkrechte Verschiebung von 5.5 m folgt. Die Isobare von 720 mm würde sich von Nachts 4 Uhr bis Nachmittags 4 Uhr schon von 488 auf 506 m, also um 18 m heben,

falls wir wirklich diese Erwärmungswirkungen, die den Seewind erzeugen, bis in solche Höhen hinauf verfolgen dürfen. Man sieht aber, dass wenn auch nur ein Flutwechsel von etwa 2 m sich zu der Hebung der Isobarenflächen algebraisch addirt, dann das Gefälle in der Höhe gegen die See hin für unsre erste isobarische Fläche von 745 mm sich fast um die Hälfte vergrössern kann. Im Fluss von Pará beträgt aber ebenso wie im untern Tocantins der Flutwechsel selten unter 3 m.

Es wäre also nicht der Gezeitenstrom als solcher, der den Seewind beschleunigte oder verzögerte, sondern der Flutwechsel, der die Unterlage der Atmosphäre hebt und senkt und damit die ohnehin vorhandene Cirkulation der Luft zwischen dem gleichtemperirten Meer und dem abwechselnd kältern und wärmern Festland entsprechend beleben oder behindern könnte.

Auf eine andre Seite der Frage mag hier zum Schlusse noch eingegangen werden; sie knüpft an die Beobachtung von Cadiz an, wonach zur Springzeit bisweilen die Seebrise nicht nur den Tag, sondern auch die ganze Nacht hindurch herrschen solle. Hierfür ist mir nun ganz kürzlich ein bestätigender Fall bekannt geworden, den die neuste Ausgabe des officiellen *Bay of Bengal Pilot*, London 1892, p. 164 bringt[1]).

Da heisst es zunächst für den Ort Puri (der unter dem Namen Dschaggernauth als Wallfahrtsort bekannter ist) folgendermassen:

The fine weather season is from 15th November to 15th March, when the sea breeze sets in about noon and blows moderatly until 9 h. p. m., being succeeded by the land wind until day light, after which it is variably up to noon. After the 15th February and generally at spring tides, the seabreeze sometimes lasts all night and blows freshly for 3 days, making a sea unpleasant for boat work.

Was kann nun die Ursache dafür sein, dass »nicht selten« oder »bisweilen«, also nicht ausnahmslos, sondern unter gewissen Umständen, die Seebrise ihre Wirksamkeit über die ganze Nacht hin erstreckt und keine Landbrise, ja nicht einmal Stille, aufkommen lässt?

Dies scheint mir nur dann möglich, wenn bei Springzeit das Hochwasser um etwa 3 Uhr Nachmittags und 3 Uhr Nachts stattfindet. Dann wird sich bei Tage die normale, vorher geschilderte mechanische Hebung der isobarischen Flächen und die kräftige Seebrise einstellen. Des Nachts dagegen wird das aus der Abkühlung der untersten Luftschichten zu erwartende Zusammensinken der isobarischen Flächen mechanisch nicht nur annullirt durch die Hebung des Wasserspiegels, sondern es wird, da es sich um Springflut handelt, sogar eine Hebung dieser Flächen bewirkt, die in der Höhe eine Antiseebrise und unten die Seebrise wie am Tage andauern lassen kann. Ist doch erstens die See gleichmässig des Nachts wie am Tage temperirt, und steigt doch zweitens die Flutwelle erst im Flachwasser (umgekehrt dem Quadrat der Wassertiefe und der vierten Potenz der Wasserbreite) zu ihrem vollen Betrage an, sodass beim Hochwasserstand von der offnen See zum Aestuar oder Flussgeschwelle hin das Meeresniveau ansteigt. Wenn das in dem genannten bengalischen Hafen nur von Mitte Februar bis Mitte März vorkommt, so kann das von zwei Ursachen hervorgerufen sein. Erstens

[1]) In demselben Werke heisst es übrigens auf S. 323 von Rangoon: Towards the end of the month (January) light land and seabreezes commence. In February the land and seabreezes are regular . . . . In March light land and seabreezes continue. As the period of spring tides the seabreeze is generally strongest.

dadurch, dass dort die Land- und Seebrisen überhaupt nur von Neujahr bis zum Eintritt des lebhaften Sommermonsuns sich einstellen, zweitens aber ist wohl auch die den bengalischen Häfen eigne grosse tägliche Ungleichheit in der Fluthöhe hierfür recht wichtig; denn solange die Sonne über der südlichen Hemisphäre kulminirt, ist die Nachtflut immer höher als die Tagflut, und dieser Vorzug der nächtlichen Hochwasser steigert sich noch sehr erheblich zur Springzeit. Das würde also für die nächtlichen Seebrisen von Puri und Cadiz eine wohl genügende Erklärung abgeben können. —

Vielleicht sind diese Erörterungen in Verbindung mit den oben angeführten, noch recht spärlichen und nicht in ihrem ganzen Inhalt klaren, Thatsachen geeignet, die Aufmerksamkeit der Meteorologen, insbesondre an den Küsten der Tropen, auf derartige Beziehungen zwischen den Flutbewegungen des Meeres und dem Auftreten der Seebrisen hinzulenken, damit man durch neue Beobachtungen die alten prüfen und der Sache auf den Grund kommen könne.

Zweiter Theil.

Oceanographische Beobachtungen.

§ 4. Tiefseelotungen.

Ueber die wenigen Tiefseelotungen, die auf unsrer Expedition ausgeführt werden konnten, ist bereits in der Reisebeschreibung zu den betreffenden Tagen berichtet worden. Obwohl ich bei ihrer Ausführung meist gar nicht betheiligt war, sie vielmehr unter persönlicher Leitung Hensens vor sich gingen, so muss ich doch an dieser Stelle wenigstens der Vollständigkeit des oceanographischen Berichts halber ein Verzeichniss der Lotungen geben.

Nr.	Tag	Stunde	N. Breite	Länge	Tiefe (Meter)	Bodenprobe	Bemerkungen.
1	16. Juli	$7^1/_2$ p.	57° 51′	9° 20.3′ O.	121	grauer Schlick	vgl. Reisebeschr. A, S. 50.
2	19. »	$6^1/_2$ p.	58° 57′	8° 35′ W.	1523	grauer Schlamm mit schwarzen Punkten	» » A, 52.
3	22. »	$2^1/_2$ p.	60° 12′	22° 56′ W.	2406	Globigerinenschlamm mit schwarz. Steinchen	» » A, 56.
4	12. August	12 m.	31° 28.9′	58° 59.5′ »	5250	grauer Thon	» » A, 114.
5	21. »	11 a.	28° 56′	34° 58′ »	5670	—	Keine Probe, Lot verloren, vgl. A, S. 133 (wo die Länge fälschlich zu 33° angegeben ist).
6	26. »	1 p.	18° 36′	26° 2′ »	4099	Globigerinenschlamm	Vgl. A, S. 134.

Unter diesen Lotungen hat die vierte eine gewisse Bedeutung; die auf den Tiefenkarten im Osten von Bermudas angegebene Bodenschwelle von weniger als 3000 m, die auf den ältesten Messungen aus den Jahren 1852 und 1857 beruht, wird durch unsre Lotung sehr unwahrscheinlich. Seitdem ist sie denn auch bei systematischer Nachforschung durch den amerikanischen Dampfer Dolphin und den Kabeldampfer Dacia ganz hinfällig geworden. — Auch die fünfte Lotung giebt eine unerwartet grosse Tiefe; da westlich davon ein reicher entwickeltes Bodenrelief durch frühere Untersuchungen (Wachusett 1879, Talisman 1883) schon bekannt war, ist der Verlust der Bodenprobe hier auch besonders zu beklagen. Der schon genannte V. S. Dampfer Dolphin (21) lotete im September 1889 ungefähr 34 Sm. nördlich von unsrer Position (nämlich in 29° 20′ N, 34° 57′ W) die um 1000 m geringere Tiefe von 4587 m, sodass auch

hier am Nordende des Kapverdischen Beckens relativ starke Böschungen vorhanden zu sein scheinen.

§ 5. Tiefseetemperaturen.

Unsre sonst wenig oder gar nicht von wissenschaftlichen Expeditionen betretene Reiseroute liess es besonders erwünscht erscheinen, auch der Bestimmung der submarinen Temperaturen möglichste Aufmerksamkeit zuzuwenden. Schon in der Einleitung zu diesem Bericht, wie in der Reisebeschreibung, musste darauf hingewiesen werden, wie wenig aber thatsächlich in diesen Dingen hat geleistet werden können. Wir wiederholen die schon früher vorgebrachten Klagen nicht, sondern wenden uns mit Resignation zur Zusammenstellung der mit unsern Umkehrthermometern gemessnen Temperaturen der Tiefsee. Wir befolgen dabei eine geographische Anordnung, indem die einem und demselben thermischen Gebiet zugehörenden Messungen auch vereinigt hier wiedergegeben werden.

Die im Norden auf der Fahrt zwischen Schottland und Kap Farvel erlangten Temperaturen sind folgende:

Tabelle 1.

Station	Datum	N. Br.	W. Lg.	t^0 Obfl.	$\frac{t^0}{\text{(in Meter Tiefe)}}$	Bemerkungen
1	Juli 23.	60° 12′	28° 18′	10.5°	$\frac{6.9^0}{(400)}$	starke Abtrift (30°).
2	» 25.	60° 5′	36° 47′	8.3°	$\frac{4.5^0}{(400)}$	—
3	» 26.	59° 30′	41° 20′	3.7°	$\frac{6.6^0}{(200)}$	Nahe am Treibeis.

Das verwendete Thermometer war Nr. 50299; die Ablesungen sind versehen mit Standkorrektion, aber ohne Korrektion auf Wasserdruck.

Die Abtrift war bei der ersten Messung ziemlich bedeutend (Windstärke 5), sodass die Tiefe von 400 m jedenfalls nicht ganz erreicht worden ist; da in dem Augenblick, wo das Thermometer die beabsichtigte Tiefe erreicht hatte, der Draht über Wasser ungefähr 30° aus der Vertikalen abgelenkt war, würde unter der Annahme eines gleichen Winkels unter Wasser die Tiefe = 400 cos 30° = 360 m gewesen sein. Bei den Stationen 2 und 3 war von Abtrift so gut wie nichts zu bemerken.

Von andern Messungen, die zum Vergleich heranzuziehen wären, kommen nur die von Hamberg auf Nordenskiölds Reise im Jahre 1883 in Betracht (**22**), da der Dampfer Valorous auf seiner Fahrt vom Irischen Kanal nach Westgrönland hier nur Bodentemperaturen gemessen hat (**23**). Hambergs Station 65 liegt nördlich von unsrer 1 und 2 in 65° 17′ N, 30° 16′ W und ergab:

Oberfläche:	100 m:	500 m:	1000 m:
8.6°	7.2°	5.6°	4.4°.

Stellt man dies graphisch dar, so erhält man für 400 m: 5.9°, für 360 m: 6.1°. Der Unterschied gegen unsre Messung ist, wie schon aus den Oberflächentemperaturen hervorgeht, sowohl

auf den Unterschied in der Breite, wie auch in der Jahreszeit zurückzuführen. Hamberg beobachtete am 7. September. — Unsre Station 3, am Rande des Ostgrönlandstroms, hat ebenfalls ganz ähnliche Messungen bei Hamberg:

Station	Datum	N. Br.	W. Lg.	Obfl. t^0	t^0 (in Meter Tiefe).				
6	14. Juni	62° 35′	40° 4′	2.2°	3.9° (25)	5.1° (50)	5.7° (100)	5.7° (200)	5.1° (450)
52	31. Aug.	59° 43′	43° 16′	0.1°	–	0.0° (50)	0.0° (100)	1.0° (150)	3.0° (200)
57	1. Sept.	60° 46′	41° 42′	7.0°	5.8° (100)	5.1° (50)	–	–	
63	6. »	66° 18′	34° 50′	– 0.7°	– 1.5° (50)	– 0.7° (100)	+ 1.5° (150)	3.1° (200)	

Diese wohlbekannte, doch immer merkwürdige Anordnung des wärmeren (und salzigeren) Wassers in der Tiefe unter dem kälteren Schmelzwasser des Ostgrönlandstroms der obern Schichten kommt hier freilich viel anschaulicher und detaillirter zu Tage als bei unsrer, unter schwierigen Umständen (kräftigem Seegang) erhaltnen einfachen Messung.

Reichlicher sind unsre Messungen aus der Sargassosee (s. Tabelle 2).

Tabelle 2.

Die Sargassosee.

(Thermometer 50 299.)

Station	Datum	N. Br.	W. Lg.	Oberfl. 0	t^0 (in Meter Tiefe)				Abtriftwinkel und darnach korrigirte wahrscheinliche Tiefe
4	Aug. 13.	31° 14′	57° 18′	26.8	18.1° (200)	16.7° (400)	–	5.3° (1300)	0°.
5	» 14.	30° 56′	53° 44′	26.8	17.9° (200)	14.8° (600)	–	5.4° (1300)	0°.
6	» 15.	30° 47′	50° 59′	25.8	18.1° (100)	17.0° (400)	–	8.0° (1000)	0°.
7	» 15.	30° 47′	49° 56′	26.1	–	16.9° (400)	–	8.0° (1000)	10°, also Tiefen: 390 und 980 m.
8	» 16.	31° 8′	48° 32′	26.0	17.5° (200)	–	–	3.7° (2000)	0°
9	» 17.	31° 22′	46° 42′	26.2	18.3° (200)	16.3° (400)	13.0° (650)	–	0°, 0°, 15°: also 630 m.
10	» 17.	31° 25′	45° 52′	25.9	18.8° (200)	16.4° (400)	9.4° (850)	–	0°.
11	» 18.	31° 44′	43° 38′	25.7	18.3° (200)	16.5° (400)	–	4.7° (1500)	0°.
12	» 18.	31° 43′	43° 1′	26.0	18.9° (200)	16.7° (400)	–	–	0°.
13	» 19.	31° 29′	40° 44′	25.8	17.6° (200)	16.8° (400)	–	5.2° (1500)	20°, 30°, 0°; also Tiefen: 195 u. 350 m.
14	» 19.	31° 25′	40° 11′	25.4	17.0° (200)	16.1° (400)	–	3.8° (2000)	20°, 15°, 0°; also 190, 390 m.
15	» 20.	30° 13′	37° 57′	25.4	17.5° (200)	16.2° (400)	–	8.4° (1000)	Durchweg 25°, also: 185, 370, 930 m.
16	» 20.	29° 52′	36° 50′	25.4	17.9° (200)	16.1° (405)	–	–	35°, also 165 und 335 m.

Bei einigen Stationen machte sich starke Abtrift geltend. Ich habe auch hier versucht, aus den angegebnen Drahtlängen und den Abtriftwinkeln des Drahts die wahrscheinliche vertikale Tiefe zu berechnen, wieder unter der Annahme, dass die Abweichung des Drahts

von der Senkrechten auch unter Wasser den angegebnen Winkel-Betrag gehabt habe. Da die Netze, über denen das Thermometer befestigt war, mit der gleichmässigen Geschwindigkeit von nur $^1/_2$ Meter p. Sek. versenkt wurden, und die Abtrift des Schiffes recht wohl bis zu 1 Knoten p. Stunde oder ebenfalls $^1/_2$ Meter p. Sek. ansteigen konnte,[1]) so ist unter Einwirkung beider Kräfte der Verlauf des Drahts nach der Tiefe hin, während des Versenkens, als möglicherweise ganz gradlinig zu denken. Ob das wirklich der Fall gewesen ist, mag allerdings fraglich bleiben; aber es ist schwer, eine andre Annahme zu machen. Jedenfalls war beim Heraufziehen des Netzes dieser Abtriftwinkel oft ein andrer, sodass die für das Thermometer angegebnen Tiefen noch keinen Schluss auf den vom Planktonnetz beim Vertikalaufzug durchmessnen Weg gestatten.

Die Zahlen selbst bedürfen nur einer kurzen Erläuterung: sie zeigen uns die Sargassosee als den am besten durchwärmten Theil des Atlantischen Oceans, wahrscheinlich der offnen Oceane überhaupt. Denn nur in wenigen abgeschlossnen Binnenmeeren der Tropen dürften ähnlich hohe Temperaturen in den Schichten bis 500 m Tiefe hin vorkommen. Unsre Temperaturreihe fällt in den August; der CHALLENGER fuhr im März 1873 weiter südlich zwischen 23° und 19° N. Br. auf der Reise von Tenerife nach St. Thomas, und später im Juni von Bermudas nach den Açoren wieder nördlicher als unser Kurs ging, in 33° bis 37° Br. ostwärts. Es ist zu bedauern, dass wir noch keine Beobachtungsreihe aus dem westlichen Sargassomeer für den Herbst (Oktober) haben; sie würde eine sehr erwünschte Ergänzung liefern.

Entwirft man Temperaturkarten für die Niveaus von 200 und 400 m aus den Beobachtungen des CHALLENGER und des NATIONAL, so ergiebt sich für 200 m das Maximum der Erwärmung nicht für die eigentliche Sargassosee, sondern für die Stationen des CHALLENGER vom 8. bis 28. März 1873 zwischen 20° und 25° N. Br. und westlich von 50° W. Lg. Hier gingen damals die Temperaturen noch über 20° (im Maximum bis 22.0° in 22° 49′ N, 65° 19′ W) hinauf, während dieselbe Expedition um Bermudas nur ca. 18° fand. Auf der nördlichen Strecke nach den Açoren hin (zwischen 65° und 40° W. Lg.) hielten sich im Juni 1873 die Temperaturen recht gleichmässig um 17°.

In der Tiefe von 400 m aber scheint das Maximum der Erwärmung sich, durch die Isotherme von 17° begrenzt, in einem nahezu runden Raume um die Bermudas als Centrum herum (mit den Axen 23° bis 40° N. Br., 48° bis 73° W. Lg.) anzuordnen. Von hier aus nehmen die Temperaturen nach allen Richtungen hin ab: sehr steil nach N, sehr entschieden auch nach S, wo im März nordöstlich von den kleinen Antillen nur 15° zu finden waren; ebenso, allerdings langsamer, auch nach Osten, wo bei den Açoren und Madeira im Juli, und bei den Kanarien im Februar und im Juli nur rund 13° zu finden waren.

Wie auch nach Südosten die Temperatur von der Sargassosee nach den Kapverden hin abnimmt, zeigt unsre Tabelle 3, der wir zum Vergleich auch die Beobachtungen auf der Rückfahrt in demselben Gebiet als Tab. 4 anreihen.

[1]) Für Station 16 würde bei einem Winkel von 40° sich eine horizontale Abtrift von 0.3 m p. Sek. oder 0.6 Knoten p. Stunde Geschwindigkeit berechnen lassen. Vgl. übrigens oben S. 12, Nr. 12.

Tabelle 3.

Von der Sargassosee nach den Kapverden.

(Thermometer 50297.)

Station	Datum	N. Br.	W. Lg.	t^0 Oberfl.	Temperatur t^0 in (m) Tiefe	Abtriftwinkel und darnach berechnete wahrscheinliche Tiefen:
17	Aug. 21.	28° 56′	34° 58′	25.5	– 17.6° (200) 15.5° (400) – –	0°, 10°; also statt 400 nur 390 m.
18	» 21.	28° 23′	34° 17′	24.8	– 18.2° (200) 15.0° (400) – –	0°.
19	» 22.	27° 4′	33° 10′	24.8	– 17.2° (200) 15.5° (400) – 5.0° (1700)	20°; also 190, 375, 1600 m.
20	» 22.	26° 27′	32° 33′	24.2	– 18.8° (200) 14.9° (400) – 3.8° (2100)	10°, 15°, 10°; also 195, 390, 2060 m.
21	» 23.	25° 7′	31° 32′	24.1	20.8° (100) 18.2° (200) 15.5° (400) – –	20°, 20°, 25°; also 94, 190, 365 m.
22	» 25.	20° 41′	28° 3′	24.0	– 18.2° (200) 16.0° (400) – –	10°, 20°; also 195 und 375 m.
23	» 26.	18° 56′	26° 26′	24.7	– 15.9° (200) 13.0° (400) – –	20°; also 190 und 355 m.

Tabelle 4.

Durch die östliche Sargassosee.

(Thermometer 44271.)

Station	Datum	N. Br.	W. Lg.	Oberfl.	Temperatur t^0 in (m) Tiefe	Abtriftwinkel und wahrscheinliche Tiefen
55	Oktob. 16.	20° 21′	37° 50′	25.5°	– 20.2° (200) 14.1° (400) – –	20°; also 190, 375 m.
56	» 18.	25° 33′	34° 52′	24.8	– 17.8° (200) 16.0° (400) – –	10°; also 195 und 390 m.
57	» 19.	27° 55′	32° 58′	24.1	– 17.7° (200) 16.0° (400) – –	10°, 15°; also 195, 390 m.
58	» 20.	30° 52′	30° 56′	24.4	23.5° (50) 17.1° (200) 14.6° (400) – 2.6° (3450)	0°.

Aus dem Vergleich der beiden sich kreuzenden Routen dürfte der Schluss nicht unberechtigt sein, dass die Erwärmung von August bis Oktober ein wenig in die Tiefe vorgedrungen ist: namentlich aus den Angaben für die Stationen 19 und 20 einerseits, 57 andrerseits geht dies hervor. Im Anfang Mai hatte der CHALLENGER unweit dieser drei Punkte (in 26° 21′ N, 33° 37′ W) für 200 m: 17.2°, 400 m: 14.3° gefunden, was zu derselben Folgerung berechtigt. — Station 55 scheint für 200 m auf die Nähe des westindischen Wärmegebiets hinzuweisen; wir haben mit den angegebnen 20.2° die höchste für diese Tiefenstufe (hier genauer 190 m) überhaupt erhaltne Temperatur vor uns, wenn auch eine graphische Darstellung den wahren Werth für volle 200 m zu etwa 19.7° reduciren lässt. — Für Station 23, im nördlichen Aequatorialstrom, ergiebt sich eine merkliche Abkühlung der ganzen Wassersäule, die durch Messungen des CHALLENGER vom Juli 1873 (in 200 m: 14° bis 16°, in 400 m: 12° bis 12.8°) und durch unsre nachfolgenden Tabellen 5, 6 und 7 als normal tropischer Zustand bestätigt wird. Die Erklärung ist wohl theilweise auch darin zu suchen, dass der Meeresstrom mit aus

der Tiefe aufgestiegnem Küstenwasser (hier aus der Gegend nördlich von der Senegalmündung) stark vermischt ist. Die Thatsache, dass der nördliche Aequatorialstrom in dieser Breite auch weit im Westen noch in der Tiefe kühler ist als das wenig strömende Wasser nordwärts davon, zeigt auch unsre Station 55 mit nur 14.1° in 375 m Tiefe. — Die in den grössern Tiefen bei Station 19, 20, 58 gemessnen Temperaturen passen einigermassen zu benachbarten des CHALLENGER; dieser hat gefunden:

Datum:	Br.:	Lg.:	1600 m:	2060 m:	3450 m:
3. Mai 1876	in 26° 21′ N	33° 37′ W	4.6°	3.7°	—
6. » »	» 32° 41′ »	36° 6′ »	4.3°	3.7°	3.0°

Tabelle 5.

Nordäquatorial- und Guineastrom.

(Thermometer 50 297.)

Station	Datum	N. Br.	W. Lg.	Obfl. t°	Temperatur in (m) Tiefe						Abtriftwinkel und wahrscheinliche Tiefen
24	Sept. 1.	13° 22′	22° 45′	26.5	–	13.6° (200)	11.5° (400)	–	–	–	10° u. 15°, also Tiefen: 195 u. 390 m.
25	» 2.	10° 12′	22° 11′	26.2	–	–	10.5° (420)	5.7° (1000)	–	–	30°, also Tiefen: 365 und 870 m.
26	» 3.	7° 55′	21° 22′	26.5	–	12.8° (200)	12.2° (400)	5.2° (1000)	–	–	Draht unter das Schiff treibend.
27	» 4.	5° 59′	20° 21′	26.7	18.6° (100)	13.2° (200)	10.7° (400)	4.7° (1200)	–	–	25°; also Tiefen: 90, 180, 365 u. 1090 m.
28	» 4.	5° 40′	20° 2′	26.4	14.0° (180)	9.7° (400)	9.5° (400)	–	–	–	10°, 25°, 15°, also Tiefen: 175, 365 u. 390 m.
29	» 5.	3° 40′	18° 58′	26.3	22.7° (100)	13.9° (200)	9.3° (400)	8.8° (400)	6.0° (650)	4.5° (900)	Nur bei 9.3° Abtr. = 5°, also Tiefe = 398 m.

Von den Messungen der Station 26 ist die zweite entschieden ganz misslungen; über die Abtriftwinkel der andern beiden ist kein Urtheil möglich, da das Schiff über den Draht hinweg trieb, doch hat es den Anschein, als wenn der Winkel nur klein geblieben sein könne.

Die Temperaturen selbst zeigen die schon vorher erwähnte auffallend rasche Abnahme in den obern Schichten. Während im Bereiche der Sargassosee von der Oberfläche bis 400 m diese Abnahme rund 10° beträgt, erreicht sie hier über die Hälfte mehr, 16° bis 18.5°. Die Thermometerablesungen stimmen mit den weiter im Osten parallel mit unsrer Route vom CHALLENGER aus dem August 1873 und April 1876, sowie mit den von der GAZELLE im August 1874 und den vom Kabeldampfer BUCCANEER aus dem Januar 1886 (**26**) beigebrachten nur in dem eben erwähnten Charakterzug überein; im Einzelnen zeigen sich einige Unterschiede. Diese sind allerdings wesentlich dadurch zu vermindern, dass nach den auf Abtrift korrigirten Tiefen unsrer Messungen eine graphische Darstellung der Kurve versucht und die darnach korrigirten Temperaturen in Vergleich gesetzt werden, wie in nachstehender Tabelle 5a geschehen.

Tabelle 5a.

Station	Datum	N. Br.	W. Lg.	Temperatur in Meter Tiefe: 0 m	100 m	200 m	400 m	1000 m
				°	°	°	°	°
Plankt. 26	3./9. 89	7° 55′	21° 22′	26.5	18.0	12.6	10.3	5.2
» 27	4./9. 89	5° 59′	20° 21′	26.7	18.0	12.7	10.2	5.0
» 28	4./9. 89	5° 40′	20° 2′	26.4	18.0	12.7	9.3	—
» 29	5./9. 89	3° 40′	18° 58′	26.3	(22.7)	13.9	9.0	4.0
Chall. 97	13./8. 73	10° 25′	20° 30′	25.6	15.0	11.3	9.2	4.6
» 99	15./8. 73	7° 53′	17° 26′	25.6	16.7	12.8	9.6	—
Gaz. 9	30./7. 74	12° 29′	20° 16′	26.7	13.3	11.3	10.0	5.1

Die Reihentemperaturen des CHALLENGER vom April 1876 geben unsern noch ähnlichere Werthe: in 100 m: 16.5° bis 20.7°, in 200 m: 12.5° bis 13.2°, in 400 m: 9.2° bis 10.0°. In eine ganz andre Jahreszeit fallen zum Theil die Beobachtungen Buchanans an Bord des BUCCANEER; in seiner Station 2 fand er am Neujahrstage 1886 folgende (graphisch erhaltene) Temperaturen:

7° 54′ N. Br. / 17° 25′ W. L.	Obfl.	100 m	200 m	400 m	1000 m:
	27.9°	15.0°	12.0°	8.8°	4.3°.

Es scheint mir aus diesen wie auch den bald zu erwähnenden Vergleichen hervorzugehen, dass es sich wohl weniger um jahreszeitliche Verschiedenheiten handelt, als um solche von einem Jahr zum andern. Doch soll die Sprache, die diese Zahlen reden, erst bei einer viel spätern Gelegenheit möglichst zu entziffern versucht werden.

Tabelle 6.

Querschnitt durch den Südäquatorialstrom.

(Thermometer 50 297.)

Nr.	Datum	Br.	W. Lg.	Oberfl. t°	Temperatur in (m) Tiefe	Abtriftwinkel und wahrscheinliche Tiefen
30	Sept. 5.	N 2° 49′	18° 34′	25.9	– 14.3° (200) 10.4° (400) – 4.3° (1500)	20°, 30°, 30°; also Tiefen: 190, 350, 1300 m.
31	» 6.	1° 46′	17° 18′	26.0	19.2° (100) 13.7° (200) 7.3° (500) – –	25°, 15°, 30°; also Tiefen: 90, 195, 435 m.
32	» 6.	1° 6′	16° 26′	25.4	– 13.9° (200) 9.5° (400) 5.5° (700) –	25°, 30°, 35°; also Tiefen: 180, 350, 575 m.
33	» 7.	0° 6′	15° 19′	23.4	– 19.8° (200) 20.9° (400) – –	über 45°, Messungen desshalb ganz misslungen.
34	» 7.	S 0° 16′	14° 58′	23.4	– 21.5° (200) 22.3° (400) – –	
35	» 8.	1° 24′	14° 49′	23.3	16.4° (100) 12.8° (200) 9.6° (400) – –	keine Abtrift.
36	» 8.	2° 30′	14° 36′	23.2	– 13.9° (200) 8.7° (400) – –	10°, 0°; also Tiefen: 195, 200 m.
37	» 9.	4° 5′	14° 14′	23.6	15.6° (100) 13.1° (200) 9.0° (400) – –	10°, 20°, 0°; also Tiefen: 107, 190, 400 m.
38	» 9.	5° 10′	14° 15′	24.4	– 12.7° (200) – 6.0° (800) –	15°, 10°; also Tiefen: 195, 785 m.
39	» 10.	6° 57′	14° 15′	24.1	19.8° (100) 11.2° (200) 8.3° (400) 4.3° (800) –	0°; für 200 m zwei identische Messungen.

Bei den Beobachtungen nördlich vom Aequator war die Abtrift ganz besonders störend, erst vom 8. September an wurde der NATIONAL durch stetiges Manövriren mit Schraube und

Ruder so gehalten, dass die Abtrift ganz vermieden oder doch sehr gering gemacht wurde. Ich bin überzeugt, dass auf Station 33 und 34 das Netz und das Thermometer bei 400 m Drahtlänge noch keine 100 m vertikal von der Oberfläche entfernt standen, was aus den abgelesenen Temperaturen hervorgeht. In allen vier Fällen (am 7. Sept.) war auch die Umkehrvorrichtung im Magnaghischen Rahmen nur unvollständig zur Wirkung gekommen, insofern als das Thermometer nach dem Umkehren nicht von der Sperrfeder festgehalten wurde; das geschah aber nur weil der Draht, und damit der Rahmen, im Wasser nicht senkrecht stand. Auch die wenigen übrigen Fälle, wo das Thermometer versagte, und die in unsern Tabellen weggelassen sind, beruhten auf einer ähnlichen, durch starke Abtrift hervorgerufenen, nicht genügend vertikalen Stellung des Drahts.

Die bedeutenden Abtriftwinkel machen auch hier eine graphische Darstellung erforderlich, um die wahrscheinlichen Temperaturen für die normalen Niveaus von 100, 200 und 400 m zu erhalten. Ich stelle die darnach gefundenen Werthe wieder in einen ausführlichen Vergleich mit denen des Challenger, der Gazelle, des Buccaneer, und auch der Romanche (**27**) aus dem October 1884, wie sie nahe an unsrer Fahrtlinie erhalten worden sind (Tab. 6a).

Tabelle 6a.

Nr.	Stations-Nr.	Datum	Br.	W. Lg.	Temperatur in: 0 m	100 m	200 m	400 m	1000 m
					°	°	°	°	°
1	Plankt. 30	5./9. 89	2° 49′ N	18° 34′	25.9	17.0	14.0	9.7	5.0
2	Chall. 104	23./8. 73	2° 25′ »	20° 1′	25.6	16.8	13.3	8.9	4.4
3	Plankt. 31	6./9. 89	1° 46′ »	17° 18′	26.0	18.0	13.3	8.0	—
4	» 32	6./9. 89	1° 6′ »	16° 26′	25.4	18.0	13.7	8.3	—
5	Gaz. 14	12./8. 74	0° 39′ »	13° 15′	23.5	17.0	12.6	8.7	3.7
6	Plankt. 35	8./9. 89	1° 24′ S	14° 49′	23.3	16.4	12.8	9.6	—
7	Chall. 347	7./4. 76	0° 15′ »	14° 25′	27.8	17.2	14.0	8.9	4.7
8	Romanche	11./10.83	0° 11′ »	17° 30′	23.8	19.6	15.2	—	—
9	Bucc. 45	10./3. 86	0° 7′ »	14° 28′	27.6	14.7	12.0	8.2	5.0
10	Plankt. 36	8./9. 89	2° 30′ »	14° 36′	23.2	17.6	13.9	8.7	—
11	Chall. 346	6./4. 76	2° 42′ »	14° 41′	28.2	13.7	12.2	8.9	4.1
12	Bucc. 43	7./3. 86	2° 42′ »	14° 53′	27.5	14.0	12.9	8.5	4.1
13	Romanche	10./10.83	3° 12′ »	18° 0′	23.7	14.8	12.7	8.6	3.7
14	Plankt. 37	9./9. 89	4° 5′ »	14° 14′	23.6	15.9	12.8	9.0	—
15	Gaz. 16	15./8. 74	4° 9′ »	15° 4′	21.8	12.7	11.4	10.7	5.6
16	Plankt. 38	9./9. 89	5° 10′ »	14° 15′	24.4	15.7	12.6	9.0	—
17	Chall. 345	4./4. 76	5° 45′ »	14° 25′	28.2	20.3	11.1	7.8	4.3
18	Plankt. 39	10./9. 89	6° 57′ »	14° 15′	24.1	19.8	11.2	8.3	—
19	Gaz. 17	17./8. 74	7° 45′ »	14° 43′	23.4	18.5	12.1	10.3	4.1

Vergleicht man die zusammengehörenden Temperaturen der Tiefe, so ist — ihre gleichmässige Zuverlässigkeit zugestanden — auch in diesem Falle nicht jedwede Differenz ohne Weitres den jahreszeitlichen Unterschieden zuzuschreiben. Die höchste Erwärmung an der Oberfläche findet für das ganze Gebiet im März statt; dieser Zeit gehören die Messungen des Challenger auf Zeile 7, 11, 17, und des Buccaneer auf Zeile 9 und 12 an. Buchanan versichert nun, dass seine auf dem Buccaneer gebrauchten Tiefseethermometer denen des Challenger erheblich überlegen gewesen seien an Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit. Doch

geht aus beiden Reihen vom April oder März übereinstimmend hervor, dass einer Erwärmung der obersten Schicht keineswegs eine solche der nächst tieferen entspricht. So schnell kann auch unmöglich die Wärme in die Tiefen vorschreiten, und ausserdem sind die Gewässer hier in kräftigem Strom nach Westen begriffen. Wie schnell und wohin sich diese Schichten bis zu 400 m Tiefe bewegen, bedürfte aber noch einer eignen Untersuchung für sich, die wiederum einen besondern Anhaltspunkt in den erst später vorliegenden Planktonbefunden erhalten dürfte. Jedenfalls zeigt sich nicht nur aus unsern Temperaturbestimmungen, dass in den Schichten von 100 und 200 m eine Erwärmung vom März bis zum Oktober hin sich geltend zu machen scheint; von den beiden in der spätesten Jahreszeit erhaltenen Messungen der Romanche erzielte auch wenigstens die eine (Zeile 8) die höchsten Werthe. Für die Tiefe von 400 und erst gar für 1000 m werden die erkennbaren Unterschiede so gering, dass sie in den Bereich der Instrumentalfehler fallen und darum jeder spekulativen Erörterung sich entziehen dürften; wesshalb wir auf ernstliche Vergleiche verzichten.

Nur ein Punkt bedarf noch der Erwähnung: die niedrigen Oberflächentemperaturen in unserm Sommer, die ein ausgeprägtes Merkmal der Region südlich vom Aequator bis etwa 5° S. Br. und zwischen 15° und 20° W. Gw. bilden. Die geringsten alsdann erreichten Werthe betragen 21° bis 22°: diese hat die Gazelle noch Mitte August 1876 vorgefunden (Zeile 15): der niedrigeren Oberflächenwärme entspricht aber hier auch eine Erniedrigung der Temperaturen in 100 und 200 m; namentlich die damals in 100 m gefundnen 12.7° sind um 2° bis 3° niedriger, als sonst in der ganzen Tabelle für dieselbe Jahreszeit vorkommt. Wenn man diese Kaltwasserflecken als Produkte aus der Tiefe aufsteigenden Wassers betrachtet (d. h. als eine Mischung von Tiefen- und Oberflächenwasser), erzeugt durch die divergirenden, in jener Jahreszeit sehr viel stärker als sonst auftretenden Aspirationen des Guinea- und des Aequatorialstroms (**28**), so wird man jedenfalls diese aufsteigende Bewegung nicht aus sehr grosser Tiefe herleiten dürfen.

Tabelle 7.

Der Aequatorialstrom zwischen Ascension und Pará.

(Thermometer 50297 von Station 40 bis 45, dann 44271.)

Station	Datum	Br.	W. L.	Oberfl. t°	Temperatur in (m) Tiefe				Abtriftwinkel und darnach korrigirte Tiefen
40	Sept. 13.	7° 41′ S	17° 21′	24.5	–	11.2° (225)	8.9° (400)	–	20°, 0°; also 210 und 400 m.
41	» 14.	7° 20′ »	20° 15′	24.8	22.6°? (100)	11.7° (200)	8.5° (400)	–	20°, 0°, 0°. —
42	» 14.	7° 33′ »	21° 19′	25.0	–	11.8° (200)	8.4° (400)	–	0° —.
43	» 15.	6° 56′ »	23° 20′	24.5	–	12.3° (200)	8.4° (400)	–	0°—5°. —
44	» 16.	5° 40′ »	26° 30′	25.2	–	11.7° (200)	7.7° (400)	–	0°.
45	» 16.	5° 13′ »	27° 29′	25.8	25.3°? (100)	12.0° (200)	8.0° (400)	–	20°, 0°, 0°. —
46	» 19.	2° 49′ »	35° 10′	26.4	–	12.8° (200)	–	7.4° (500)	0°—5°. —
47	» 20.	1° 47′ »	38° 7′	26.6	–	–	–	5.1° (600)	0°—5°. —
48	» 20.	1° 24′ »	39° 10′	26.9	–	16.6° (200)	8.2° (400)	–	0°—5°. —
49	» 21.	0° 26′ »	42° 22′	27.0	25.5° (100)	16.6° (200)	10.2° (400)	–	20°, 0°, 0°. —
50	» 22.	0° 5′ N	44° 11′	27.1	–	16.8° (200)	11.7° (400)	–	0°—5°. —

Diese Reihe zerfällt in zwei ganz verschiedne Theile. Im ersten bis Station 46, d. h. bis zur Länge des Kap S. Roque, sind die Temperaturen denen nordwärts von Ascension recht ähnlich, wie ein Vergleich mit Tabelle 6a zeigen wird. Die relativ hohen Temperaturen der Station 41 und 45 für 100 m beruhen auf einer unsichern Einstellung des Thermometers. Da es sich bei den (übrigens nicht programmmässigen) Planktonfängen von 100 m Tiefe nur um qualitative, aber nicht um genaue quantitative Feststellung des Planktons handelte, wurde die Abtrift des Schiffes nicht wie bei den übrigen korrigirt. So stand dann der Draht dabei bisweilen recht schräg weg und konnte das Thermometer sich nicht vorschriftsmässig einstellen.

Der zweite Theil der Messungen, von Station 48 bis 50, zeigt eine recht auffällige Erwärmung der Schichten von 200 und 400 m Tiefe: hier herrschen Temperaturen, wie sie ähnlich nur in der Sargassosee gefunden worden sind. Dass es sich nicht etwa lediglich um mangelhaft gelungne Einstellungen unsrer Thermometer dabei handelt, mag nachstehende Vergleichsreihe beweisen (Tab. 7a).

Tabelle 7a.

Nr.	Station	Datum	S. Br.	W. Lg.	Temperatur in: 0 m	100 m	200 m	400 m	1000 m
					°	°	°	°	°
1	Gaz. 130	12./3. 76	7° 7′	25° 27′	27.9	22.3	11.7	10.0	4.0
2	» 131	14./3. 76	1° 42′	25° 24′	28.0	14.8	12.0	10.8	4.2
3	Chall. 112	1./9. 73	3° 33′	32° 16′	25.6	16.1	11.7	7.6	4.3
4	» 116	4./9. 73	5° 1′	33° 50′	25.6	17.7	12.2	7.1	3.9
5	» 131	8./9. 73	7° 39′	34° 12′	25.3	21.2	16.4	7.8	—

Man sieht aus den ersten vier Reihen, wie in 200 und 400 m alles ähnlich aussieht wie bei unsern Stationen 40 bis 46; die Station 131 des CHALLENGER aber beweist, wie mit der Annäherung an die brasilische Festlandsküste die Temperaturen in 200 und 400 m ebenso zunehmen, wie bei unsern Stationen 48 bis 50. Diese abnorme Erwärmung hat ihren Grund in der aufstauenden Wirkung des Passats, der das warme Oberflächenwasser an die leewärts gelegene Küste drängt. Dieses warme »Stauwasser« ist also das nothwendige und von der Theorie erwartete (**29**) Gegenstück gegen das kalte »Auftriebwasser« an der Westküste Nord- und Südafrikas.

Wie dieses vertikal nach unten drängende Wasser mit der Entfernung von der Küste bei unsrer Fahrt nach N in den Tiefen von 200 und 400 m schnell wieder durch kälteres ersetzt wurde, trotz der erheblich höhern Oberflächentemperatur, zeigt die folgende Tabelle 8.

Tabelle 8.

Wurzel des Guineastroms im Westen.

(Thermometer 44271.)

Nr.	Datum	N. Br.	W. L.	Oberfl. t°	Temperatur in (m) Tiefe				Abtrift
51	Okt. 9.	1° 29′	46° 34′	26.7	–	15.7° (200)	11.4° (400)	–	Keine.
52	» 11.	6° 36′	43° 24′	28.5	–	11.1° (200)	8.7° (400)	–	Keine.
53	» 12.	9° 22′	42° 3′	28.0	24.0° (50)	11.0° (200)	8.6° (400)	–	Bei 50 m beide Mal 25°, also korr. Tiefe = 23 m. Bei 500 m ging d. Netz unters Schiff, Abtriftwinkel unbekannt.
54	» 13.	12° 0′	40° 23′	27.2	26.1° (50)	11.1° (200)	–	8.9° (500)	

Am 9. Oktober hatten wir noch warmes »Stauwasser«, dagegen ist am 11. Oktober schon die Isotherme von 11° um 200 m der Oberfläche näher, ebenso in den beiden folgenden Tagen. Auffallend ist, dass wir nach Tabelle 5a im Guineastrom südöstlich von den Kapverden in 200 und 400 m nicht einmal ganz so niedrige Temperaturen gefunden haben, wie hier im Westen an seiner Wurzel; eigentlich sollte er hier, wo er aus Wasser sich bildet, das schon einen langen Weg unter der Tropensonne durchmessen hat, sogar wärmer sein und zwar nicht bloss an der Oberfläche. Der Gedanke, als ob auch hier etwas aus der Tiefe aufsteigendes Wasser im Spiel wäre, liegt nahe; doch müssten erst noch mehr Beobachtungen aus dem westlichen Theil der merkwürdigen Guineaströmung ins Feld geführt werden, ehe eine Entscheidung darüber ausgesprochen werden kann. Solche Vergleichsbeobachtungen fehlen aber leider gänzlich; unsre wenigen Messungen sind hier weit und breit die einzigen.

Die auf der Fortsetzung unsrer Fahrt nach den Açoren erhaltnen Tiefseetemperaturen sind bereits oben in Tabelle 4 gebracht.

Tabelle 9.

Von den Açoren bis zum Kanal.

(Thermometer 44 271.)

Station	Datum	N. Br.	W. Lg.	Obfl.	Temperatur in (m) Tiefe	Abtrift u. korrigirte Tiefe
				°		
59	Oktob. 28.	39° 7′	23° 33′	18.9	13.6° (200) 12.3° (400)	Keine.
60	» 29.	41° 6′	21° 12′	17.6	13.3° (200) 12.2° (400)	Keine.
61	» 30.	43° 33′	17° 53′	16.0	12.6° (200) 11.4° (400)	10°, also Tiefen: 195 u. 390 m.

Man sieht aus den hohen Temperaturen (namentlich in 400 m), die um 4° höher sind, als die Anfang September nahe am Aequator von uns gefundnen, dass es sich um Wasser des bei den Antillen recht intensiv durchwärmten Golfstroms handelt. Auf dem von uns befahrnen Wege fehlt es auch an Vergleichsbeobachtungen, solche sind erst näher der spanischen Küste vorhanden und sie bestätigen unsre Beobachtungen, soweit es zu erwarten ist:

Tabelle 9a.

Station	Datum	N. Br.	W. Lg.	Temperatur in: 0 m	100 m	200 m	400 m	1000 m
				°	°	°	°	°
Gaz. 1	7./7. 74	44° 30′	11° 43′	17.5	11.6	10.9	10.6	9.9
» 2	9./7. 74	42° 9′	14° 38′	19.2	13.4	12.0	11.2	10.1
» 3	11./7. 74	38° 48′	17° 19′	20.8	14.0	12.8	11.5	9.0
» 4	13./7. 74	35° 43′	17° 50′	21.4	15.0	13.3	11.6	10.3
Chall. II k	15./1. 73	36° 59′	9° 14′	15.6	15.3	13.9	12.1	—
» V	28./1. 73	35° 47′	8° 23′	16.1	15.8	13.9	12.6	—

Zum Schlusse sei dann noch eben erwähnt, dass wir auch auf unsrer letzten Planktonstation in der Nordsee, am 4. November 1889 in 52° 39′ N. Br., 3° 14′ O. Lg., das Thermometer

mit in die Tiefe gehen liessen, aber dort in 26 m dieselbe Temperatur fanden wie an der Oberfläche: 12.2°.

§ 6. Beobachtungen des Salzgehalts.

Brauchbare Angaben über Dichtigkeit und Salzgehalt des Seewassers auf dem offnen Ocean sind keineswegs häufig und rühren fast ausnahmslos von wissenschaftlichen Expeditionen her. Schon aus diesem Grunde mussten also auf der Plankton-Expedition sorgfältige Bestimmungen des Salzgehalts angestrebt werden. Dazu kamen noch die Anforderungen, auch über einen etwaigen Zusammenhang zwischen dem örtlichen Salzgehalt und dem Auftreten des Planktons nach Art und Quantum Material beizubringen.

I. Die Methoden.

Zu einer Bestimmung des Salzgehalts an Bord bieten sich drei Wege dar, die sämmtlich von mir auf der Fahrt versucht worden sind: Messung des specifischen Gewichts des Seewassers mit dem Aräometer; Bestimmung des Chlorgehalts des Seewassers durch Titriranalyse; Untersuchung des optischen Brechungsexponenten des Seewassers, der vom Salzgehalt abhängig ist. Ein vierter und fünfter Weg, die unzweifelhaft genauer als alle vorigen und auf dem festen Boden eines Laboratoriums zu Lande unbedingt vorzuziehen sind, nämlich die Messung des specifischen Gewichts des Seewassers mit Waage und Pyknometer, oder die Wägung des nach dem Eindampfen übrig bleibenden festen Rückstands, sind ja an Bord eines schwankenden Schiffes ganz ausgeschlossen. Betrachten wir zuvörderst die Leistungsfähigkeit und Brauchbarkeit der andern drei Methoden genauer.

a. Der Gebrauch des Aräometers.

Dieses in England und Frankreich auch unter dem Namen des *Densimeters* oder *Volumeters* bekannte Instrument ist seit Dr. E. Lentz auf Kotzebues Reise (1823—1826) an Bord oft in Gebrauch gewesen, fast alle wissenschaftlichen Expeditionen und auch viele Kapitäne auf Handelsschiffen haben es verwendet, und doch sind nicht alle Beobachtungen wirklich brauchbar. Theilweise ist das dadurch verschuldet, dass bei der Veröffentlichung versäumt wurde anzugeben, auf welche Einheitstemperatur das specifische Gewicht zu beziehen ist; theilweise durch mangelhafte Tabellen und Methoden zur Reduktion der Aräometerablesung auf die Einheitstemperatur, worauf gleich noch weiter einzugehen ist; grösstentheils aber durch unwissenschaftliche Behandlung des Instruments, d. h. wesentlich durch unzureichende Sauberkeit. An einem andern leicht zugänglichen Orte (**30**) habe ich eine praktische Anleitung zum Gebrauch des Aräometers an Bord gegeben; um diese für den Fachmann trivialen Dinge hier nicht zu wiederholen, sei daher darauf verwiesen. Die an Bord der Kriegs- und Handelsschiffe zu Aräometerbeobachtungen geneigten oder damit beauftragten Persönlichkeiten können an der Hand dieser Anleitung sehr wohl brauchbare Angaben liefern, während das meiste von diesen Beobachtern bis vor Kurzem eingelieferte Material der Kritik nicht standhalten kann. So namentlich die Angaben des specifischen Gewichts in den sogenannten »Quadraten« des Meteorologischen Amts in London und der deutschen Seewarte in Hamburg, welche Behörden übrigens über den Werth der ihnen eingelieferten Aräometerbeobachtungen genau so denken,

wie ich es eben ausgesprochen habe. Das niederländische meteorologische Institut in Utrecht hat sogar überhaupt darauf verzichtet, noch Aräometer an Bord auszugeben. So sehen wir uns ausschliesslich auf die Beobachtungen einiger weniger Expeditionen oder Seereisenden angewiesen, die mit schärferem wissenschaftlichem Verständnisse ihren Aufgaben oblagen.

Doch auch hier bleibt noch immer die eine schon eben erwähnte, nicht unbedeutende Schwierigkeit: die Temperaturkorrektion der Aräometerablesung.

J. Y. Buchanan, der Chemiker der CHALLENGER-Expedition, hatte auf der Fahrt noch die alten von Hubbard berechneten und von Maury veröffentlichten (**31**) Tafeln benutzt, um seine Aräometerablesungen auf die Temperatur von 60° F. oder 15.56° C. zu reduciren, wobei reines Wasser von 4° als Einheit gesetzt war; er suchte also die specifischen Gewichte $S(\frac{15.56^0}{4^0})$.

Die Kgl. preussische Ministerial-Kommission zur Erforschung der deutschen Meere hat durch Prof. Karsten Tafeln berechnen lassen, die zur Reduktion der specifischen Gewichte auf 17.5° C. dienen, wobei reines Wasser von ebenfalls 17.5° als Einheit dient; hier sucht man also die $S(\frac{17.5^0}{17.5^0})$. Da die in Deutschland hergestellten Glasaräometer auf diese Einheit geaicht sind und der deutsche Fabrikant Dr. Küchler in Ilmenau auch das Ausland vielfach versorgt hat, so hat dieselbe Temperatureinheit mit der Zeit sich auch in Oesterreich, Dänemark, Norwegen und Russland eingebürgert. Doch mag nicht verschwiegen werden, dass schon Dr. E. Lentz, auf seiner unter russischer Flagge ausgeführten Weltumsegelung gleichfalls $S(\frac{17.5^0}{17.5^0})$ angenommen hat.

Der Schwede O. Pettersson hat in den wissenschaftlichen Ergebnissen von Nordenskiölds Reise auf der VEGA sich für die Normaltemperatur 0° beim Seewasser, 4° beim reinen Wasser ausgesprochen: also für $S(\frac{0^0}{4^0})$.

Der französische Hydrograph Bouquet de la Grye bevorzugt wieder noch eine andre Form der specifischen Gewichte, nämlich $S(\frac{20^0}{4^0})$.

Man kann bei solchem Stand der Dinge dem russischen Admiral Makaroff sehr wohl beistimmen, wenn er eine internationale Regelung dieses Werthes für dringend nothwendig erklärt. Gegenwärtig sind die meisten Beobachtungen wohl nach der alten deutschen Einheit $S(\frac{17.5^0}{17.5^0})$ angestellt; man kann aber wohl kaum läugnen, dass grade diese die geringste wissenschaftliche Berechtigung hat. 17.5° C. entsprechen 14° R. und sollen die sogen. Zimmertemperatur bedeuten. Solche als Normaltemperatur des Seewassers anzusetzen, ginge noch an; aber welche Berechtigung hat diese Temperatur für die Einheit des destillirten Wassers? Hier bietet sich die Temperatur von 4°, der grössten Dichte des Wassers, die unserm Gewichtssystem zum Grunde liegt, als ungleich richtiger dar. Und wie die Meteorologen von der Zimmertemperatur für ihr Barometer längst zu 0° als Normaltemperatur, auf die alle Ablesungen reducirt werden, übergegangen sind, so wird man sich wohl auch bei einer hoffentlich nicht zu lange mehr ausbleibenden internationalen Regelung wohl am Besten auf Petterssons Einheit der $S(\frac{0^0}{4^0})$ als die einfachste und wissenschaftlichste einigen können.

Doch welche $S\binom{t^0}{t^0}$ man auch wählen mag, sie alle lassen sich beliebig scharf mit einander in Beziehung setzen und umrechnen, wenn man nur die mit Aenderung der Temperatur erfolgende Volumausdehnung des Seewassers von den verschiedensten Stufen des Salzgehalts genau kennt. Aber hier grade fehlt uns noch recht viel.

Die ältern Untersuchungen von Erman, Lentz und G. Karsten können wir übergehen, da sie nur Kochsalzlösungen, kein wirkliches Seewasser von verschiednem Salzgehalt zum Grunde legten. An Seewasser selbst hat Hubbard (**31**) in anerkannt nicht ganz genügender Weise beobachtet. Sehr sorgfältig dagegen sind die Volumbestimmungen des ältern Ekman (**32**), ausgeführt an folgenden vier verschiedenen Stufen des Salzgehalts:

$A = 20.9$ Promille,	$C = 30.0$ Promille,
$B = 25.9$ »	$D = 35.0$ »

und zwar an natürlichem Seewasser aus dem Skagerrak. Nach seinen Formeln zeigen nur die Volumina der Probe C für die Temperaturen von mehr als 25° eine auffallend geringe Ausdehnung. Setzt man das Volum bei 0° als Einheit, so giebt die Probe C noch nicht einmal dieselbe Volumausdehnung wie die schwächer salzige Probe B[1]), und doch steigt ganz gesetzmässig die Ausdehnung mit der Zunahme des Salzgehalts. An einer Wasserprobe aus dem Atlantischen Ocean, deren Salzgehalt durch Zusatz von destillirtem Wasser oder durch Eindampfen eines Theils verändert wurde, haben Thorpe und Rücker (**33**) sehr eingehende Untersuchungen angestellt, während Tornöe (**34**) und Dittmar (**24**) jeder nur eine einzige Probe oceanischen Wassers zur Verfügung hatten. Tornöe verzichtete auf weitere Prüfungen, nachdem er die Ueberzeugung gewonnen hatte, dass er nicht wesentlich von Ekman abweichende Volumina erhalten könnte. Auch Dittmar fand grade Ekmans Bestimmungen für Probe D ganz vortrefflich, und ein Vergleich zwischen Dittmar und Thorpe und Rücker zeigt, dass Ekmans Volumina eine mittlere Stellung zwischen denen der Engländer einnehmen. Was die Untersuchungen über die Volumausdehnung des destillirten Wassers betrifft, so sind die Zusammenstellungen von Rossetti (**35**) und Volkmann (**36**) die besten und neusten; beide weichen übrigens für die hier in Betracht kommenden Temperaturen nur unwesentlich von einander ab. Aber alle diese Volumbestimmungen und die daraus abgeleiteten Formeln lassen nur eine Sicherheit zu, die für die Temperaturen zwischen 0° und 15° die fünfte Decimale, für höhere Temperaturen nicht einmal diese verlässlich giebt. Berechnen lassen sich ja auch noch mehr Decimalen, aber sie haben keinen Anspruch auf wirkliche Bedeutung. Es ist auch sehr fraglich, ob eine schärfere Bestimmung sich in Zukunft wird erreichen lassen, worüber bei Volkmann das Nähere nachgelesen werden kann. Man muss sich bescheiden, mit dem Geleisteten aber soweit gehen, als man es verantworten kann.

Admiral Makaroff (**37**) hat nun neuerdings die Volumbestimmungen von Lentz, Ekman, Thorpe und Rücker, Dittmar und Tornöe für Oceanwasser von 35 bis 35.5 Promille Salzgehalt zusammengeworfen und daraus ein Mittel berechnet, ebenso die Bestimmungen von Lentz, Ekman, Thorpe und Rücker für ihre Proben von ungefähr 25 Promille Salzgehalt, und

[1]) Man erhält für 30° bei $C = 1.005644$. bei B aber 1.005699.

alsdann zwei empirische Formeln zur Berechnung der $S\left(\frac{t^0}{4^0}\right)$ und ihrer Beziehungen zu $S\left(\frac{15^0}{4^0}\right)$ darnach aufgestellt. Gegen diesen Versuch ist zunächst einzuwenden, dass er Lentzens Beobachtungen an Kochsalzlösungen den andern gleichwerthig benutzt; ferner dass er die specifischen Gewichte bis zur sechsten Decimale ausrechnet, obwohl doch die fünfte schon unsicher ist und bleiben muss, auch wenn er mehrere Reihen kombinirt, denen Wasser von verschiedenem, wenn auch ähnlichem Salzgehalt zum Grunde liegt.

Keine der bisher erwähnten Autoritäten hat aber Seewasser von geringerem Salzgehalt als Ekmans $A = 20.9$ Promille auf die Volumausdehnung experimentell untersucht, sodass wir zu Aräometerbeobachtungen für unsre Ostsee und Nordsee diese Volumverhältnisse nur durch Interpolation rechnerisch kennen lernen können. Ich habe selbst diesen Versuch einer solchen Interpolation im Zusammenhange mit meiner schon vorher erwähnten Abhandlung über das Aräometer veröffentlicht (**30**), auf die also abermals verwiesen sein mag. Ebendort sind auch neue Reduktionstafeln für unsre deutschen Glasaräometer zur Umwandlung der $S\left(\frac{t^0}{17.5^0}\right)$ in $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$ gegeben, unter der Annahme einer kubischen Glasausdehnung von 0.0000265. Welche Unsicherheit für die Reduction der $S\left(\frac{t^0}{17.5^0}\right)$ noch besteht, je nachdem wir die eine oder andre der neueren Volumbestimmungen zum Grunde legen, mag folgende Vergleichstabelle für $t = 0^0$ und 30^0 erweisen. Die specifischen Gewichte sind so wie sie das Aräometer zeigen würde, also mit Glaskorrektion versehen; als Einheit der Volumina ist das bei 0^0 angenommen. Für $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right) = 1.027$ wird nun:

	Nach Ekman	Nach Dittmar	Nach Thorpe & Rücker	Nach Tornöe	Nach meiner Interpolation
Volum bei 17.5^0 . . . . . =	1.002588	1.002636	1.002663	1.002610	1.002593
Volum bei 30^0 . . . . . =	1.006129	1.006090	1.006259	1.006125	1.006141
$S\left(\frac{0^0}{17.5^0}\right)$ . . . . . =	1.029·21	1.029·26	1.029·28	1.029·24	1.029.21
$S\left(\frac{30^0}{17.5^0}\right)$ . . . . . =	1.023·70	1.023·79	1.023·65	1.023·73	1.023·70

Man sieht, wie zwischen den specifischen Gewichten nach Dittmars und Thorpe-Rückers Volumwerthen eine Differenz von 0,00014 oder 0.14^Δ (Aräometergraden) besteht[1]) und kann sich so überzeugen, dass es wenig Werth hat, die specifischen Gewichte bis auf die fünfte Decimale genau anzugeben. Man muss befriedigt sein, wenn man der vierten Decimale bei Temperaturen von mehr als 20^0 wirklich sicher ist.

Auch die Aräometer selbst sind, abgesehen von der für jedes Instrument vorhandenen Standkorrektion, nicht im Stande, eine grössere Sicherheit zuzulassen, als etwa $\pm 0.05^\Delta$. Die von mir auf der Reise verwendeten und vorzüglich gearbeiteten Aräometer gehörten dem sogen. »grossen Satz« an, und umfassten folgende Intervalle:

Nr. 1001: $30{\cdot}5^\Delta$ bis $27{\cdot}0^\Delta$.
» 1002: $27{\cdot}5^\Delta$ » $24{\cdot}0^\Delta$.
» 1003: $24{\cdot}5^\Delta$ » $21{\cdot}0^\Delta$.

[1]) Ich verwende im Folgenden der Abkürzung und Uebersichtlichkeit wegen das Zeichen $^\Delta$ im Sinne von »Aräometergraden«, indem z. B. statt 1.02755 gesetzt wird $27{\cdot}55^\Delta$.

Die Eintheilung war in 0·1 ᵃ, jeder Skalentheil 1.69 mm gross, sodass die Ablesung einer Einheit der fünften Decimale (0.01 ᵃ) schätzungsweise ganz gut möglich war. Wieweit die Genauigkeit aber nur geht, trotz aller Vorsicht und Geduld im Beobachten, mag folgende mit Ar. 1002 im März 1890 von mir erhaltene Beobachtungsreihe für Nordseewasser veranschaulichen.

Nr.	Temperatur t^0	$S\left(\frac{t^0}{17.5^0}\right)$	$S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$	Abweichung vom Mittel	Quadrat dieser Abweichung
	°	ᵃ	ᵃ	ᵃ	
1	17.4	24·97	24·95	+ 0.03	0.0009
2	15.0	25·53	25·04	— .06	.0036
3	13.5	25·82	25·02	— .04	.0016
4	13.0	25·85	24·97	+ .01	.0001
5	12.0	25·97	24·97	+ .01	.0001
6	10.7	26·14	24·95	+ .03	.0009
7	10.1	26·25	24·97	+ .01	.0001
8	9.2	26·39	24·98	± .00	.0000
9	8.3	26·48	24·96	+ .02	.0004

Das arithmetische Mittel der $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$ wird = 24·98ᵃ, folglich der »wahrscheinliche Fehler einer einzelnen Bestimmung«

$$f = \pm\, 0.6745 \sqrt{\frac{0{,}0077}{8}} = \pm\, 0.0209^{\text{ᵃ}},$$

und der »wahrscheinliche Fehler des Mittels« aus den neun Einzelbestimmungen

$$f_0 = \pm\, \frac{0.0209}{\sqrt{9}} = \pm\, 0.007^{\text{ᵃ}}.$$

Das ist also das Ergebniss für Temperaturen unter 17.5°; bei darüber hinaus erwärmtem Seewasser wird sich die Genauigkeit der Beobachtung und der Reduktion nur vermindern, nicht verbessern, da ja schon ein Fehler in der Temperaturbestimmung von ± 0.1° einen Effekt auf die Reduktion von ± 0·03ᵃ hat. Beobachtet man aber an Bord, so werden die Schiffsschwankungen und die Erschütterungen des Schiffs durch die Schraube es in der Regel nicht gestatten, die fünfte Decimale überhaupt wirklich abzulesen [1]).

[1]) Admiral Makaroff hat an den von ihm auf der russischen Korvette Witjas benutzten Aräometern beobachtet, dass sie regelmässig einen höhern Stand (um mehr als 0·10ᵃ) gezeigt haben, wenn das Thermometer gleichzeitig mit ihnen im Messglase war, als wenn sie sich ohne das, allein darin befanden, und zwar sowohl an Bord, wie daheim im Laboratorium. Merkliche Unterschiede zwischen mehreren Ablesungen an derselben Probe sind auch mir namentlich im Anfange der Fahrt öfter recht fatal und unbegreiflich gekommen. Ich habe dann die Ursache erkannt in den beim leichten Auf- und Abpendeln des Aräometers an der aus dem Wasser herausragenden Skala bald hängen bleibenden, bald verschwindenden kleinen Wassertröpfchen, die das absolute Gewicht des Instruments verändern; sie wurden mit einem Stückchen Fliespapier abgetupft. Aber eine Beobachtung wie die Makaroffs hatte ich nicht gemacht, weil mein dünnes Wasserthermometer stets im Messglase, das 55 mm Weite hatte, bleiben konnte. Indess ist sie, wie meine nachträglichen Versuche ergeben haben, vollkommen richtig; auch hier scheint die Ursache mir doch sehr einfach. Bei Einführung des Thermometers in das mit Seewasser gefüllte Messglas wird nämlich in diesem eine Strömung erzeugt, die mit und an dem Thermometer entlang in die Tiefe nach abwärts, in der gesammten Um-

b. Die Chlortitrirung.

Diese schon von Forchhammer in seinen ersten grundlegenden Untersuchungen mit Erfolg angewandte Methode hat vielfach sehr begeisterte Vertreter gefunden. An Bord hat sie der französische Hydrograph Bouquet de la Grye (**38**) wohl zuerst auf seiner Reise nach der Campbell-Insel und zurück 1873 und 1874 regelmässig angewandt. Seinem Rath und Beispiel ist dann J. Thoulet (**39**) auf der Fahrt vom Kanal nach Neufundland und zurück im Sommer 1887 gefolgt. Sehr beliebt ist dies Verfahren bei den Schweden. Schon an Bord von Nordenskiölds Vega hat Ltnt. Bove (1879/80) regelmässig in den nordsibirischen Gewässern neben Aräometerbeobachtungen auch Chlortitrirungen ausgeführt, die von Otto Pettersson (**40**) sorgfältig bearbeitet vorliegen. Petterssons Anleitung ist dann Axel Hamberg (**22**) auf Nordenskiölds Fahrt nach Grönland im Jahre 1883 gefolgt, und in grossartigem Massstabe ist 1890 diese Methode für die klassische Erforschung des Skagerrak durch O. Pettersson und den jüngern Ekman (**42**) zur Anwendung gelangt: hier sind rund 1000 Proben durch Chlortitrirung im Laboratorium zu Stockholm analysirt worden. Im Auftrage der Ministerialkommission zur Erforschung der deutschen Meere hatte Professor O. Jacobsen (**41**) zahlreiche Proben aus der Ostsee und Nordsee untersucht, während Professor Köttstorfer solche aus der Adria im Laboratorium der Marine-Akademie in Fiume auf den Chlorgehalt geprüft hat.

Zur Kontrole der Aräometer sowohl schon vor Antritt, wie während der Reise, dann aber auch um bei schlechtem Wetter die Aräometer überhaupt zu ersetzen, schien mir diese Methode besonders geeignet. Ich beschaffte zu diesem Zwecke:

---

gebung aber (kompensirend) nach oben geht und natürlich dann das Aräometer hebt. Erst nach 12 bis 15 Minuten sah ich diese Wirkung verschwinden, wenn ich das Thermometer mit einiger Geschwindigkeit in den Messcylinder hatte einsinken lassen. Umgekehrt wird beim Herausziehen des Thermometers das Wasser mit in die Höhe gezogen, also in der Umgebung abwärts streben, und so das Aräometer tiefer in die Flüssigkeit hineinziehen, sodass es dann ein scheinbar geringres specifisches Gewicht angiebt. Makaroff sah den Standunterschied δ abnehmen mit dem Durchmesser des Messcylinders:

bei 65 mm Durchmesser $\delta = 0{\cdot}17^{\Delta}$,
» 95 » » » $= 0{\cdot}09^{\Delta}$,
» 140 » » » $= 0{\cdot}05^{\Delta}$,

was zu der oben gegebenen Erklärung insofern passt, als, bekannten Stromgesetzen gemäss, die durch Einführung des Thermometers hervorgerufene Kompensationsströmung in einem weiten Messglase langsamer auftreten und schwächer hebend auf das Aräometer wirken wird, als in einem engen Messcylinder. — Die erwähnten Störungen können solch hohe Beträge, wie Makaroff sie angiebt, übrigens nur erlangen, wenn gleich nach Einführung oder Ausheben des Thermometers die Aräometerskala abgelesen wird; schon nach 7 bis 10 Minuten Ruhe wird die Störung unter $0{\cdot}05^{\Delta}$ sein. Noch schneller ist sie zu beseitigen, wenn man nach Einführen oder Herausnehmen des Thermometers das Aräometer selbst durch Drehung des Halses zwischen den Fingerspitzen schnell um seine Längsachse rotiren lässt: diese energische Bewegung tötet anscheinend die vertikalen Stromvorgänge rasch ab. Dasselbe erreicht man auch, wenn man nach Einführen des Thermometers das Aräometer ganz herausnimmt und wieder einsetzt, worauf es bekanntlich energisch auf- und abpendelt. Ist es dann zur Ruhe gekommen und tupft man die Tröpfchen Seewasser von dem aus dem Wasser herausragenden Halse sorgfältig ab, so wird man, Temperaturgleichheit vorausgesetzt, genau identische Ablesungen erhalten. — Auf meinen Rath hat Herr Dr. G. Schott auf seiner Segelschiffsreise nach den ostasiatischen Gewässern die Aräometer so behandelt und, wie er mir mittheilt, ganz befriedigende Ergebnisse erhalten.

1) zwei sehr sorgfältig gearbeitete Mohr'sche Büretten mit Glashahn und einer Theilung, die eine Genauigkeit der Ablesung bis 0.01 cc, namentlich bei Verwendung eines Erdmann'schen Bürettenschwimmers, erlaubte.

2) Zwei ebenfalls sorgfältig gearbeitete Vollpipetten, die den Gehalt von 20 cc zwischen zwei eingeritzten Marken gaben; wie die Büretten calibrirt auf 15°.

3) Zwei Liter einer Lösung von salpetersaurem Silber im Verhältniss von 10 Procent (genauer 9.909 Procent). Die Silberlösung entsprach dem Rathe Köttstorfers, »dass ungefähr 1 cc davon alles Chlor (und Brom) aus einem cc Seewasser von oceanischem Salzgehalt ausfällen solle«.

4) Als Indikator: ein Quantum neutrales chromsaures Kalium.

5) Stativ, Bechergläser, Glasstäbchen, Spritzflasche für destillirtes Wasser.

Die Installirung an Bord war sehr bequem möglich; im Bibliothekzimmer an der Backbordseite, nahe am Bücherbord (vgl. Bd. A, S. 55, Fig. 5), wurde auf dem Tische das mit einer kleinen hochrandigen Blechpfanne versehene Stativ angeschraubt. Die Glasinstrumente befanden sich in einem im Bücherborde stehenden ebenfalls festgeschraubten Deckelkasten und wurden nur zum wirklichen Gebrauch daraus entnommen. Wie Hamberg kann auch ich nur versichern, dass der Seegang, wenn er auch noch so stark auftritt, die Chlortitrirung nicht wesentlich stört. Durch Bruch habe ich auf der ganzen Fahrt nur eine Spritzflasche eingebüsst, indem ich sie nach dem Neufüllen zerdrückte; sonst ist mir weder eine Bürette, noch Pipette, (noch auch ein Aräometer) zu Schaden gekommen. Da schon vor Antritt der Fahrt im Chemischen Laboratorium der Universität ein halbes Liter der Silberlösung theils zur Einübung im Beobachten, theils zur Prüfung der Aräometer verbraucht war, und nach Beendigung der Reise eine ebensolche Kontrole wiederholt werden sollte, wurde auf der Reise selbst der Chlorgehalt nur in den ersten sechs Wochen häufiger, aber auch nicht regelmässig jeden Tag festgestellt; diese Methode sollte grundsätzlich in die zweite Linie, hinter die Aräometerbeobachtungen treten. Die Erfahrungen, die ich damit gemacht habe, würden mich jedoch veranlassen, die Chlortitrirung künftighin mindestens in gleicher Häufigkeit wie die Ablesung der Aräometer anzuwenden.

Was die Bearbeitung der Ergebnisse betrifft, so ist auch hier die Zahl der Korrektionen und Fehlerquellen nicht unbedeutend. Es wird am Besten sein, die Untersuchung an einem bestimmten Beispiel und zwar an dem für die Aräometeruntersuchung benutzten Nordseewasser (s. oben S. 66) durchzuführen.

Die Titrirung von je 20 cc Seewasser ergab folgende Reihe von 14 einzelnen Werthen, in cc Silberlösung bei ca. 15° Temperatur:

17.99, 18·02, 18.05, 18·03, 18·02, 18·02, 18·01, 18·01. 18·01, 18·00, 18·00, 18.01, 18·02, 17·98. Daraus Mittel = 18·01.

Der wahrscheinliche Fehler des Mittels ist noch nicht ganz $= \pm 0.003$, der einer einzelnen Bestimmung aber $= \pm 0.012$ cc. Als Chlorgehalt in Gramm pro Liter Seewasser erhält man darnach für den Mittelwerth

$$X = \frac{35.5}{170} \cdot \frac{99.09}{1000} \cdot \times 50 \times 18.01 = 18.63.$$

Die extremen Werthe aus der ganzen Reihe würden dagegen 18.60 und 18.68 sein.

Man würde nun, dem Rathe der Lehrbücher folgend, den Salzgehalt hieraus direkt und ganz einfach erhalten, indem man die Gramm Chlor p. Liter in Gramm p. Kilogramm Seewasser umwandelt und die so erhaltene Zahl mit dem sogenannten »Chlorkoefficienten« = 1.811 multiplicirt.

Die Umwandlung der χ p. L. in χ p. K. kann mit folgender Tabelle ausgeführt werden, wobei für das Seewasser eine Temperatur von 15° angenommen ist.

Tafel zur Reduktion:

1. Der Gramm Chlor pro Liter in Gramm Chlor pro Kilo.

Korrektionen negativ.

χ p. L. =	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Korrektion =	0.001	.004	.010	.019	.030	.045	.063	.082	.103	.128	.156
Differenz =	.003	.006	.009	.011	.015	.018	.019	.021	.025	.028	.030

χ p. L. =	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Korrektion =	.186	.218	.252	.288	.327	.369	.415	.462	.509	.557	.605
Differenz =	.032	.034	.036	.039	.042	.046	.047	.047	.048	.048	—

2. Der Gramm Chlor pro Kilo Seewasser in Gramm Chlor pro Liter.

Korrektionen positiv.

χ p. K. =	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Korrektion =	0.001	.004	.010	.018	.030	.044	.063	.083	.106	.132	.160
Differenz =	.003	.006	.008	.012	.014	.019	.020	.023	.026	.028	.031

χ p. K. =	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Korrektion =	.191	.225	.261	.300	.341	.385	.430	.481	.534	.590	.648
Differenz =	.034	.036	.039	.041	.044	.045	.051	.053	.056	.058	—

Für das von uns untersuchte Nordseewasser ergiebt sich aus der ersten Tafel die Korrektion:

für den Mittelwerth . . 18.63 = — 0.445 also χ p. K. = 18.185 g.
» » kleinsten Werth: 18.60 = — 0.443 » » » = 18.157 »
» » grössten » : 18.68 = — 0.447 » » » = 18.233 »

bei welchen Zahlen die dritte Decimale nur rechnerische Bedeutung haben soll.

Wesentlich auf Grund der klassischen Untersuchungen G. Forchhammers gilt das Verhältniss des Chlors (einschliesslich des Broms) zu dem gesammten Salzgehalt als konstant; hat man daher die χ p. K. bestimmt, so wäre diese Zahl, multiplicirt mit dem Chlorkoefficienten K. geeignet, den Salzgehalt zu ergeben. Diese »Konstante« bestimmte Forchhammer (**43**) aus 133 einzelnen Proben vom verschiedensten Salzgehalt aus allen grössern Meeren der Erde zu 1.811. Genau dieselbe Zahl hat der ältere Ekman angegeben, Tornöe aber fand sie kleiner, nämlich 1.809, und Dittmar (**24**, 137) aus einer grossen Zahl von Proben des Challenger noch kleiner, nämlich 1.8044, während Jacobsen aus 15 Proben der Gazelle wieder 1.8094

berechnete. Allgemein aber hat man daran festgehalten, dass es sich um eine Konstante handle. Erst ganz neuerdings ist O. Pettersson mit Zweifeln hervorgetreten und hat darauf hingewiesen, dass aus des ältern Ekman Bestimmungen nach sorgfältiger Untersuchung sich dieser Koefficient anders stelle für den echt oceanischen Salzgehalt von 35 Promille, wo $\kappa = 1.807$, und für den geringern Salzgehalt von 21 Promille, wo $\kappa = 1.817$, also grösser werde (**42**, 22). Dies hat mich veranlasst, die Frage einmal selbst nach dem vorliegenden Material zu untersuchen, zumal ich schon vor Antritt der Reise auf Grund von Jacobsens sonst wenig beachtetem Urtheil (**41**, 38) ähnliche Zweifel gehegt hatte.

Ich ging dabei von der Originalabhandlung Forchhammers aus. Hier standen mir 133 Fälle zur Verfügung, wo neben dem Chlorgehalt (χ p. K.) auch der Salzgehalt (gewonnen durch Wägung des Verdampfungsrückstands) aufgeführt war: dazu kommen noch 13 Proben von Jacobsen (**44**, 54), die in sehr erwünschter Weise die andre Reihe dadurch ergänzen, dass sie sich wesentlich auf Ostseewasser von geringem Salzgehalt beziehen. Für jede einzelne Probe war auch der Chlorkoefficient angegeben.

Diese 146 Werthpaare wurden nun nach dem Salzgehalt geordnet, und aus jeder Stufe von Promille zu Promille ein Mittelwerth berechnet. Da nicht alle Salzgehaltsstufen gleichmässig vertreten waren, wurden so nur 22 Stufen zwischen 0.7 und 37.5 Promille erhalten. Nachstehende Tabelle enthält das Ergebniss.

Nr.	Zahl der Fälle	Salzgehalt p.	κ.	Nr.	Zahl der Fälle	Salzgehalt p.	κ.	Nr.	Zahl der Fälle	Salzgehalt p.	κ.
1	2	0.7	2.150	9	2	13.8	1.811	17	8	32.5	1.814
2	1	3.6	1.839	10	3	17.4	1.811	18	17	33.6	1.811
3	1	4.8	1.835	11	1	18.2	1.821	19	15	34.4	1.807
4	4	6.8	1.822	12	1	19.9	1.801	20	41	35.6	1.811
5	6	7.4	1.828	13	1	25.9	1.818	21	27	36.4	1.811
6	2	10.4	1.825	14	1	29.6	1.814	22	4	37.5	1.810
7	3	11.7	1.816	15	3	30.6	1.815				
8	2	12.5	1.815	16	1	31.1	1.815				

Diese Zahlenreihe giebt graphisch dargestellt noch eine sehr krause Kurve und beweist damit zunächst, dass der gesuchte Koefficient einen bedeutenden Spielraum verlangt, d. h. das Verhältniss des Chlors zu dem gesammten Salzgehalt keineswegs konstant sein kann. Aber der Anfang mit dem Ende der Reihe verglichen zeigt doch in der That, wie bei schwachem Salzgehalt κ entschieden grösser ist. Um nun eine abgeglichenere Kurve zu erhalten, wurden die 22 Mittelwerthe in 9 Gruppen zusammengefasst, die dann folgende zusammengehörende Werthe von p und κ ergaben:

$p =$	0.7	4.2	7.2	12.1	20.6	31.0	34.5	36.4	37.5
$\kappa =$	2.150	1.837	1.826	1.818	1.813	1.814	1.811	1.811	1.810
Nr. =	1	2–3	4–5	6–9	10–13	14–17	18–20	21	22

Aus diesen Gruppenwerthen erkennt man nun ganz deutlich, wie mit dem von den oceanischen Werthen zu den geringern hin abnehmenden Salzgehalt erst langsam, dann immer stärker und stärker der Koefficient κ wächst.

Die Verwendung eines konstanten Chlorkoefficienten kann also wirklich nicht als erlaubt gelten.

Ich ging nun wieder auf die vorher erwähnten nach Forchhammer und Jacobsen gebildeten 22 Versuchswerthe zurück und erhielt nach Ausschaltung einiger allzu extremer Fälle von κ die nachstehende Reihe von 19 zusammengehörigen Werthen von χ und p, aus denen dann nach der Methode der kleinsten Quadrate die zufällig sehr einfache empirische Formel gefunden wurde:

$$p = 1.83\,\chi - 0.0011\,\chi^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{I.}$$

Auch die darnach berechneten Werthe sind in der nachstehenden Tabelle zu finden.

Nr.	Zahl der Fälle	Chlorgehalt χ p. M.	Salzgehalt in Promille		$p - p_1$
			p (beobachtet)	p_1 (berechnet)	
1	4	20.695	37.47	37.41	+ 0.06
2	27	20.079	36.38	36.31	+ .07
3	41	19.630	35.56	35.51	+ .05
4	15	19.031	34.40	34.44	— .04
5	17	18.564	33.61	33.60	+ .01
6	8	17.939	32.54	32.49	+ .05
7	1	17.127	31.10	31.03	+ .07
8	3	16.614	30.15	30.11	+ .04
9	1	14.289	25.88	25.83	+ .05
10	2	9.963	18.15	18.14	+ .01
11	3	9.623	17.42	17.51	— .09
12	2	7.661	13.87	13.95	— .08
13	2	6.877	12.48	12.54	— .06
14	3	6.438	11.69	11.74	— .05
15	2	5.722	10.44	10.43	+ .01
16	6	4.060	7.38	7.41	— .05
17	4	3.734	6.80	6.81	— .01
18	1	2.596	4.76	4.74	+ .02
19	1	1.931	3.55	3.53	+ .02

Die Abweichungen der berechneten von den beobachteten Werthen ergeben als »durchschnittlichen« Fehler: $\pm$ 0.044, als »wahrscheinlichen«: $\pm$ 0.053, was als befriedigend gelten darf. Ein kubisches Glied einzuführen (etwa $= + 0.000008\,\chi^3$) lohnt nicht; was durch grössere Uebereinstimmung der p und p_1 bei den ersten drei Versuchswerthen etwa gewonnen würde, ginge beim vierten und elften durch sehr grosse negative Abweichungen wieder verloren.

Für unser Beispiel des Nordseewassers ergiebt sich aus der Formel:

für den Mittelwerth $\chi_0 = 18.185$, $p_0 = 32.92$ Promille,
» » Minimalwerth $\chi' = 18.157$, $p' = 32.87$ » ,
» » Maximalwerth $\chi'' = 18.233$, $p'' = 33.01$ » .

Diese Leistung der Formel und der Chlortitrirung überhaupt erscheint um so angenehmer, als bei Tornöe aus direkten Wägungen des Verdampfungsrückstands von einem und dem selben Seewasser der Salzgehalt nur wenig kleinere Verschiedenheiten des Mittels von den Einzelwerthen ergiebt; Tornöe fand nämlich für seine Probe VIII aus 8 Versuchen:

als Mittelwerth . . . . . 35.03 Promille,
» Minimalwerth . . . . . 35.00 » ,
» Maximalwerth . . . . . 35.08 » .

Andre haben allerdings bei ihren Wägungen eine erheblich grössere Genauigkeit angestrebt und erreicht: so besonders O. Jacobsen. Aber wieviel einfacher und bequemer ist auf alle Fälle die Titrirmethode im Vergleich zu dem umständlichen Eindampfen und der Bedienung einer Waage!

Einen andern Weg zur Verwerthung der Chlortitrirung haben Hamberg und Pettersson eingeschlagen; sie suchen nicht den Salzgehalt direkt, sondern erst das specifische Gewicht, um dann aus diesem den Salzgehalt zu berechnen. Beide stellten eine Reihe von Versuchen an Seewasser von verschiednem Salzgehalt an, indem sie sowohl das specifische Gewicht (mit Hülfe von Sprengels Pyknometer) auf der Waage, wie auch den Chlorgehalt durch Titrirung bestimmten. Hamberg bevorzugt hierbei die $S\left(\frac{0^0}{4^0}\right)$, während Pettersson $S\left(\frac{15^0}{4^0}\right)$ in Vergleich setzt; beide nehmen die Gramm Chlor im Liter (nicht im Kilogramm) Seewasser als Ausdruck des Chlorgehalts.

Aus zehn Versuchswerthen gelangt Hamberg zu der Formel

$$S\left(\frac{0^0}{4^0}\right) = 1 + 0{,}00147\,\chi - 0{,}000003\,\chi^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{II.},$$

wobei der »wahrscheinliche« Fehler sich zu $\pm$ 0.013$^\Delta$ ergiebt. Hamberg verlangt nun aber Seewasser von 0°, während die meisten Büretten und Pipetten auf 15° markirt sind, und andrerseits sind wir wieder durch unsre Aräometer, die doch durch die Chlortitrirung geprüft werden sollen, auf die $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$ angewiesen. Es sind also zunächst die hierfür erforderlichen Korrektionen festzustellen. Diese hatte ich bereits vor Antritt der Planktonfahrt berechnet und mir eine kleine Tabelle entworfen, die für Werthe zwischen χ = 18.00 und 21.00 cc mit einem Blick die $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$ abzulesen gestattete. Ich war dabei folgendermassen verfahren.

Die Reduktion der $S\left(\frac{0^0}{4^0}\right)$ in $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$ erfolgte auf Grund einer Tabelle, die ich mir nach den Ekman'schen Volumzahlen für das Seewasser von verschiednem Salzgehalt aufgestellt hatte; diese mit dem specifischen Gewicht wachsende Korrektion beträgt für $S\left(\frac{0^0}{4^0}\right)$ = 1.005 nur — 0.14$^\Delta$, aber bei 1.027 schon — 1.37$^\Delta$ und 1.030: — 1.54$^\Delta$. Ausserdem aber verlangt Hamberg auch Seewasser von 0°, während ich mit meinen Instrumenten solches von 15° bis 28° an Bord zu untersuchen hatte. Die Rechnung zeigt, dass 20 cc oceanisches Wasser von 25°, auf 0° abgekühlt, ihr Volum verringern bis 19.909 cc, woraus eine weitre einfache Rechnung ergiebt, dass zu der für Seewasser von 25° beim Titriren verbrauchten zehnprocentigen Silberlösung ein Quantum von 0.091 cc hinzuzufügen ist; bei 20° wird diese Korrektion + 0.06, bei 15° aber 0.04 cc. Bei der Untersuchung von schwach salzigem Wasser werden diese Werthe natürlich etwas kleiner ausfallen, doch kam dies für die Planktonfahrt nur wenig in Betracht.

Ausser dieser Temperaturkorrektion für das Seewasser erscheint aber auch eine solche für die Büretten und Pipetten selbst erforderlich: denn bei Temperaturen, die sich über oder unter 15° bewegen, geben sie nicht mehr genau die richtigen Volumina, weil die Glasröhren sich auch ausdehnen. Die bei 25° abgelesenen Volumina sind also um diesen Betrag der Aus-

dehnung zu gross, die bei 10° zu klein. Die Rechnung zeigt allerdings, dass dieser Effekt der Glasausdehnung eigentlich nur bei höheren Temperaturen über 25° merklich wird. Ein Glashohlraum von 20 cc dehnt sich, von 15° auf 25° erwärmt, um den Raum von $10 \times 20 \times 0.000027 = 0.005$ cc über 20 cc aus. Die Korrektion für Seewasser von 25° wird also um diesen Betrag verkleinert, folglich zu 0.086, was auf die zweite Decimale abgerundet, wie für unsere Büretten nöthig war, immer 0.09 cc giebt. So kann also in der Praxis diese Glasausdehnung recht wohl ganz ignorirt werden.

Anders ist es mit einer dritten noch anzubringenden Korrektion, die sich auf das Volum der verbrauchten Silberlösung bezieht: auch diese Flüssigkeit dehnt sich aus, wenn ihre Temperatur erhöht wird. In welchem Maasse aber diese Ausdehnung erfolgt, darüber liegen genauere Untersuchungen nicht vor. Bouquet de la Grye (**38**, 437), der mit schwächeren Silberlösungen gearbeitet hat (A von 23.9 und B von 47.9 g Silbernitrat in einem Liter Wasser), giebt Ausdehnungswerthe für 20° als Normaltemperatur an, aus denen sich schliessen lässt, dass die Volumina bei Temperaturerhöhung sich zwar nicht ganz so, aber ähnlich stark vergrössern wie beim Seewasser. Rechnet man seine Daten von 20° auf die Normaltemperatur von 0° (Hamberg) oder 15° (Pettersson) und auf das Volum von 20 cc (Oceanwasser) um, und fügt dazu auch die Korrektion für unsre zehnprocentige Lösung C, unter der einstweilen gesetzten Annahme, dass die Korrektion wächst einfach proportional dem Gehalt an Silbernitrat, so erhalten wir folgendes:

Temp.	Normaltemperatur = 0°			Normaltemperatur = 15°		
	A	B	C	A	B	C
10°	+ 0.004	— 0.009	— 0.019	+ 0.011	+ 0.014	+ 0.020
15°	— .015	— .023	— .039	± 0.000	± 0.000	± 0.000
20°	— .032	— .042	— .062	— 0.017	— 0.019	— 0.024
25°	— .054	— .067	— .093	— 0.039	— 0.043	— 0.051

Ob eine solche Annahme erlaubt ist oder nicht, kann nur durch Experimente entschieden werden. Einstweilen aber besteht eine gewisse Wahrscheinlichkeit dafür, dass die aus der Ausdehnung der Silberlösung von 0° bis 25° sich ergebende Korrektion nahezu die an dem Seewasservolum anzubringende kompensirt, sodas wir ohne erheblichen Fehler auf diese Instrumentalkorrektionen ganz verzichten können; wenigstens solange es sich um Oceanwasser handelt, wo die zur Titrirung verbrauchten Mengen der Silberlösung nicht viel von 20 cc abweichen. Untersucht man aber Ostseewasser bei merklich von 0° (oder für die zweite Reihe: von 15°) verschiedner Temperatur, so wird nur ein kleines Quantum Silberlösung, meist unter 9, bis zu 3 cc hinab, verbraucht, und dann kann die Temperaturausdehnung des Seewassers nur zu einem entsprechenden Bruchtheil kompensirt werden. Desshalb, also wegen ihrer Normaltemperatur von 0°, empfiehlt sich für die Untersuchung von Ostseewasser die Hamberg'sche Formel nicht.

Indem man übrigens auf die Originalabhandlung Hambergs zurückgreift und die dort aufgeführten zehn durch Pyknometer und Waage erhaltenen, verschiedenen Werthe der $S\binom{0°}{4°}$ in die $S\binom{17.5°}{17.5°}$ umrechnet, so kann man auch eine empirische Formel aufstellen, die die von uns

gewünschten $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$ direkt aus den Chlormengen (g. p. Liter) zu berechnen gestattet. Ich erhielt sie so:

$$S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right) = 1 + 0.001402\,\chi - 0.00000324\,\chi^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{III.}$$

der »mittlere« Fehler stellt sich hier $= \pm 0.03^{\Delta}$, der »wahrscheinliche« wie bei Formel II, $= \pm 0.013^{\Delta}$. Nachstehend die Vergleiche im Einzelnen:

1 Original-Nr.	2 Chlor g. p. L.	3 $S\left(\frac{0^0}{4}\right)$	4 $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$ aus 3	5 $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$ aus 2	6 Differenz 4—5
		Δ	Δ	Δ	Δ
82	14.540	20·68	19·66	19·69	— 0.03
24	17.700	25·04	23·78	23·79	— .01
18	17.702	25·15	23·88	23·80	+ .08
64	18.833	26·64	25·29	25·25	+ .04
19	19.784	27·90	26·47	26·46	+ .01
45/46	19.950	28·10	26·66	26·68	— .02
43/44	20.016	28·20	26·76	26·75	+ .01
41/42	20.023	28·22	26·78	26·76	+ .02
37/38	20.023	28·26	26·81	26·76	+ .05
39/40	20.039	28·26	26·81	26·78	+ .03

Unser Nordseewasser, nach der Hamberg'schen Originalformel II berechnet, ergiebt also:

	χ	$S\left(\frac{0^0}{4^0}\right)$, daraus	$S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$
für das Mittel:	18.63	26·34$^{\Delta}$	25·00$^{\Delta}$,
» » Minimum:	18.60	26·30$^{\Delta}$	24·96$^{\Delta}$,
» » Maximum:	18.68	26·41$^{\Delta}$	25·07$^{\Delta}$.

Ueber die Bedeutung dieses Vergleiches ist später noch das Nöthige zu sagen.

Um nun zu Pettersons Arbeit überzugehen, so hatte er ebenso wie Hamberg zehn Vergleichswerthe aufgestellt, bei denen der Salzgehalt zwischen 17 und 35 Promille lag; er nimmt die Gramm Chlor im Liter Seewasser von 15° und sucht die Beziehung zu $S\left(\frac{15^0}{4^0}\right)$, was sich unter merklich günstigern Bedingungen in $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$ umrechnen lässt. Doch hat Pettersson keine Formel berechnet, sondern die Werthe durch graphische Interpolation gesucht. Ich habe das nachgeholt, um auch für Salzgehalt von weniger als 17 Promille, wie er in der Ostsee herrscht, die Pettersson'schen Versuchswerthe ausnutzen zu können.

1 Nr.	2 Chlor χ	3 $S\left(\frac{15^0}{4^0}\right)$	4 $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$ (aus 3)	5 $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$ a. d. Formel	6 Differenz 4—3
	g. p. L.	Δ	Δ	Δ	Δ
1	9.59	12·37	13·15	13·15	$\pm$ 0.00
2	11.43	14·84	15·61	15·64	— .03
3	11.97	15·61	16·38	16·36	+ .02
4	12.84	16·75	17·51	17·53	— .02
5	13.15	17·19	17·95	17·95	$\pm$ .00
6	14.49	18·97	19·72	19·74	— .02
7	15.74	20·68	21·43	21·41	+ .02
8	17.43	22·90	23·64	23·65	— .01
9	19.84	26·12	26·84	26·82	+ .02
10	19.89	26·13	26·85	26·89	— .04

Die Formel, in der χ die Gramm Chlor p. Liter Seewasser von 15° bedeutet, lautet:

$$S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right) = 1 + 0.00139\,\chi - 0.0000019\,\chi^2 \quad \text{IV.}$$

und ergiebt als durchschnittlichen Fehler $\pm$ 0.018 ‰, als »wahrscheinlichen« $\pm$ 0.024 ‰, was sehr günstig ist.

Was soeben über die Temperatur-Korrektionen an den Instrumenten bei Anwendung der Hamberg'schen Formel gesagt worden ist, gilt auch für diese. Die Volumausdehnung des Seewassers von 15° auf 25° würde für Oceanwasser eine Korrektion von + 0.05 cc ergeben; wie die Tabelle für die Korrektionen der Silberlösung auf der vorigen Seite zeigt, beträgt diese — 0.05 cc. Auch hier tritt also höchst wahrscheinlich eine fast vollkommne Kompensation ein, solange es sich um nahezu normal salziges Seewasser handelt.

Unser Nordseewasser giebt nun nach unsern Formeln berechnet die in der nachstehenden Uebersicht aufgeführten $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$:

	Mittelwerth: $\left(\chi = 18.63 \text{ g. p. L.}\right)$	Minimum: $\left(\chi = 18.60 \text{ g. p. L.}\right)$	Maximum: $\left(\chi = 18.68 \text{ g. p. L.}\right)$
Nach Formel IV	25·23 ‰	25·19 ‰	25·29 ‰
» Hambergs Formel II	25·00	24·96	25·07
» unserer Formel III	24.98	24.95	25.06

Es handelt sich nun um die Ueberführung der $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$ in Promille Salzgehalt, damit wir die Angaben dieser Formeln I bis IV mit denen des Aräometers in Vergleich setzen können. Auch hier giebt es wieder allerlei Bedenken.

Seit Dr. H. A. Meyer (**44**) pflegt man, in der Voraussetzung, dass Salzgehalt und specifisches Gewicht bei bestimmter Einheitstemperatur in einfachem konstantem Verhältniss zu einander stehen, aus den $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$ den Salzgehalt zu berechnen nach der empirischen Formel

$$p = 1310\ (S - 1).$$

Diese »Salzkonstante« σ, die H. A. Meyer selbst gemäss den ihm vorliegenden älteren Bestimmungen von Gay Lussac, Erman u. a. genauer zu 1309 angiebt und dann auf 1310 abgerundet hat, ist von Tornöe davon abweichend = 1319, also beträchtlich grösser, gefunden worden. G. Karsten hat in seinen bekannten Tabellen den Werth $\sigma = 1310$ angewandt, und ihm ist man allgemein gefolgt. Da Tornöes Salzgehaltswägungen nicht eben zahlreich sind, also kein bedeutendes Gewicht beanspruchen können, so schien mir eine unabhängige Prüfung dieser wichtigen Frage durchaus unvermeidlich. Doch war der allein entscheidende experimentelle Weg: Bestimmung einer grossen Zahl von specifischen Gewichten verschiedener Grösse mit Pyknometer und Waage, ferner Wägung der Verdampfungsrückstände von genau denselben Wasserproben, und dann Vergleich der verschiedenen S und p — mir leider verschlossen. Indess kann doch das vorhandene publicirte Material eine Art Kontrolrechnung in folgender Weise wenigstens auf Umwegen ermöglichen.

In den Forchhammer'schen Daten (Tabelle auf S. 71) ist p und χ p. K. gegeben. Wir wandeln χ p. K. in χ p. L. um und berechnen daraus aus Formel III und IV die $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$, die dann, durch die p dividirt, die σ ergeben. Das Resultat ist in folgender kleinen Tabelle enthalten.

Nummer:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
σ nach Formel III . .	1326	1322	1321	1316	1321	1316	1317	1318	1312	1313
σ » » IV . .	1311	1307	1306	1303	1305	1303	1305	1302	1304	1312

Nummer:	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Mittel:
σ nach Formel III . .	1305	1301	1305	1305	1310	1300	1305	1311	1315	1312.6
σ » » IV . .	1303	1300	1305	1304	1310	1300	1305	1310	1315	1306.0

Die nach (IV) berechneten σ weichen unter einander etwas weniger ab als die aus (III) gefundenen; namentlich lässt die zweite Reihe für σ keinerlei Abhängigkeit höherer Ordnung vom Salzgehalt erkennen. Solches aber ist bei der ersten Reihe entschieden der Fall. Zerlegen wir sie nämlich in zwei Theile: die Nummern 1 bis 11 mit einem Salzgehalt von mehr als 15 Promille und die übrigen 12 bis 19 mit geringem Salzgehalt, so wird im Mittel

σ für Nr. 1—11 = 1318,
» » 12—19 = 1306.

die höchsten Einzelwerthe kommen beim höchsten Salzgehalt vor. Da nun aber beim schwächsten Salzgehalt σ wieder bis 1315 ansteigt, so wird man vorsichtsweise auf dieses merkwürdige Anwachsen des σ bei den höheren Salzgehaltsstufen zunächst wohl noch kein besonderes Gewicht legen dürfen. Auch hierüber muss erst das Experiment entscheiden.

Wir können nun noch nach den von Hamberg und von Pettersson zusammengestellten Versuchswerthen eine zweite Kontrolrechnung ausführen, indem wir hier die χ p. L. (bei Hamberg nach Reduktion auf 15°) in χ p. K. umrechnen und die zugehörigen p nach Formel I suchen. Die aus Pyknometerwägung gewonnenen $S\binom{17.5^0}{17.5^0}$ gestatten dann σ zu berechnen, wie nachstehend zu ersehen.

Nummer: . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittel:
Hamberg . .	1319	1320	1321	1318	1321	1322	1321	1321	1320	1321	**1320**
Pettersson . .	1307	1311	1308	1311	1306	1308	1306	1307	1304	1307	**1308**

Hier ist nun erstens keine Beziehung höherer Ordnung zwischen σ und p erkennbar (der Salzgehalt wächst mit den Nummern); ferner aber wird σ aus der Hamberg'schen Reihe dem Werthe von Tornöe (1319), aus der Pettersson'schen Reihe aber dem Meyer'schen Werthe (1309) sehr ähnlich. Eine Entscheidung ist also damit nicht gewonnen. Nehmen wir das Mittel aus den Werthen von H. A. Meyer, Tornöe, den beiden Forchhammer'schen Reihen und der von Hamberg und Pettersson, so ergiebt sich aus allen sechs:

$$\sigma = \mathbf{1312} \pm 4.9,$$

was sich von der Karsten'schen Konstante nicht grade wesentlich unterscheidet.

Wir benutzen also im Folgenden diese Karsten'sche Konstante als die noch immer wahrscheinlichste weiter.

Wir sind nun genügend gerüstet, die Angaben des Aräometers mit den Ergebnissen der Chlortitrirung zu vergleichen. Diese letztern ergeben zunächst für unser Nordseewasser:

		$S\binom{17.5^0}{17.5^0}$:	Salzgehalt:
nach Formel	I	—	32.91 Promille,
» »	II	25·00 $^\Delta$	32.75 » ,
» »	III	24·98	32.73 » ,
» »	IV	25·23	33.06 » .

Diese aus χ abgeleiteten Daten gehen, wie man sieht, noch sehr auseinander; doch nimmt der Werth aus (I) eine mittlere Stellung zwischen den andern beiden ein (II und III ruhen ja auf derselben Grundlage). Ich möchte aber daraus schliessen, dass wir beim gegenwärtigen Stand der Kenntnisse bei der Berechnung des Salzgehalts noch keine grössere Genauigkeit anstreben können, als $\pm$ 0.1 Promille, was auf das spezifische Gewicht übertragen gleichbedeutend mit $\pm$ 0.08 $^\Delta$ ist. Unser Aräometer (vgl. oben S. 66) gab uns S = 24.98 $^\Delta$, also genau dasselbe wie Formel III, und damit 32.73 Promille Salzgehalt. Ich glaube im Hinblick einerseits auf die Unsicherheit der Aräometerangabe und des Werthes von σ, andrerseits auf die Divergenz der verschiedenen χ, eine doppelte Korrektion, wie Dittmar sie für nöthig hält, nämlich an den aus χ erhaltenen S auf das Vacuum, und an den Aräometerangaben auf Kapillarität, unterlassen zu dürfen. Diese Korrektionen beeinflussen die S im gleichen Sinne: nach Dittmars Maassen würden sowohl die aus unsern Formeln II bis IV erhaltenen S um 0.033 $^\Delta$, wie auch die vom Aräometer gegebenen S um 0.042 $^\Delta$ zu verkleinern sein. Korrektionen von solcher Ordnung fallen aber in den Bereich des allgemeinen grossen wahrscheinlichen Fehlers von $\pm$ 0.08 $^\Delta$, und ausserdem ist die empirische Konstante $\sigma = 1310$ für die Aräometer ohne Kapillarkorrektion gültig, sodass also dabei nicht etwa unsre Salzgehaltsangaben allgemein um den Betrag von 0,05 Promille zu hoch ausfallen.

Unter den für den Chlorgehalt aufgestellten Formeln will ich im Folgenden vorzugsweise die dritte, aus Hambergs Versuchswerthen berechnete, anwenden, weil sie mit den Angaben des Aräometers ebenso gut übereinstimmt wie die zweite, aber viel bequemer ist als diese.

Zur Kontrole der Aräometer und zur Untersuchung von Tiefenwasser habe ich die Chlortitrirung an Bord in folgenden Fällen ausgeführt.

Nr.	Datum	N. Br.	W. Lg.	Tiefe	Chlortitrirung: Silberlösung	Chlorgehalt p.L.	S_Z	Aräometer S_a	Differenz $S_a - S_Z$	Bemerkungen
		° ′	° ′	m	cc	g	Δ	Δ	Δ	
1	Juli 20.	59 15	11 51	0	19.46	20.13	26·91	27·00	+ 0·09	—
	» »	» »	» »	»	19.51	20.18	26·98	»	+ ·02	—
2	» 22.	60 11	22 41	0	19.41	20.08	26·84	26·90	+ ·06	—
	» »	» »	» »	»	19.43	20.10	26·87	»	+ ·03	—
3	» »	60 12	22 56	2406	19.42	20.09	26·86	—	—	—
	» »	» »	» »	»	19.46	20.14	26·90	—	—	—
4	» 25.	60 5	36 47	0	19.16	19.83	26·52	26·60	+ 0·08	—
	» »	» »	» »	»	19.23	19.89	26·60	»	± 0·00	—
5	» 26.	59 36	41 18	0	17.34	17.94	24·11	24·35	+ ·24	Anscheinend verfehlt.
	» »	» »	» »	»	17.47	18.07	24·28	»	+ ·07	—

Nr.	Datum	N. Br.	W. Lg.	Tiefe	Chlortitrirung			Aräometer	Differenz	Bemerkungen
					Silberlösung	Chlorgehalt p. L.	S_χ	S_a	$S_a - S_\chi$	
		° ′	° ′	m	cc	g	△	△	△	
6	Juli 28.	52 35	46 20	0	18.98	19.63	26·28	26·30	+ 0·02	—
	» »	» »	» »	»	18.92	19.57	26·20	»	+ ·10	—
7	» 30.	48 46	49 4	0	18.63	19.28	26·82	25·85	+ .03	—
	» »	» »	» »	»	18.59	19.23	26·77	»	+ ·08	—
8	Aug. 2.	42 24	55 42	0	18.16	18.79	25·19	25·15	— ·04	Noch Labradorstrom.
	» »	» »	» »	»	18.19	18.82	25·23	»	— ·08	Floridastrom.
9	» 2.	42 10	55 53	0	19.58	20.26	27·07	27·15	+ ·08	—
	» »	» »	» »	»	19.60	20.28	27·10	»	+ ·05	—
10	» 15.	30 47	50 59	0	20.27	20.97	27·98	28·10	+ ·12	—
	» »	» »	» »	»	20.31	21.01	28·02	»	+ ·08	—
11	» 17.	31 25	45 52	0	20.32	21.02	28·04	28·15	+ ·11	—
	» »	» »	» »	»	20.30	21.00	28·01	»	+ ·14	—
12	» 18.	31 43	43 1	200	20.14	20.84	27·79	—	—	Bei Ausschluss der dritten
	» »	» »	» »	»	20.14	20.84	27·79	—	—	Beobachtung betrug das
	» »	» »	» »	»	20.03	20.72	27·66	—	—	Mittel:
	» »	» »	» »	»	20.08	20.87	27·81	—	—	$S_\chi = 27{\cdot}81$ △.
13	» »	» »	» »	400	20.38	21.09	28·12	—	—	—
	» »	» »	» »	»	20.41	21.12	28·15	—	—	—
14	» 20.	30 13	37 57	185	20.08	20.77	27·72	—	—	—
	» »	» »	» »	»	20.07	20.76	27·71	—	—	—
15	» »	» »	» »	370	20.25	20.95	27·95	—	—	
	» »	» »	» »	»	20.21	20.91	27·90	—	—	Mittel = 27·96 △.
	» »	» »	» »	»	20.27	20.97	27·98	—	—	
	» »	» »	» »	»	20.21	20.91	27·90	—	—	
16	» »	» »	» »	930	20.11	20.81	27·76	—	—	—
	» »	» »	» »	»	20.05	20.74	27·68	—	—	—
17	Sept. 4.	5 59	20 21	0	19.20	19.86	26·57	26·55	— 0·02	—
	» »	» »	» »	»	19.20	19.86	26·57	»	— 0·02	—

Die 22 Fälle, wo die aus dem Chlorgehalt und mit dem Aräometer bestimmten S_χ und S_a in Vergleich gesetzt sind, zeigen mit nur 4 Ausnahmen durchweg S_a grösser als S_χ. Ob ich den Chlorgehalt durch nicht genügendes Ausfällen unterschätzt, oder ob das Aräometer eine negative Standkorrektion hatte, muss dahin gestellt bleiben. Mit Ausschluss eines einzigen auch in der Tabelle als muthmasslich verfehlt bezeichneten Falles sind die Abweichungen übrigens nicht grade sehr beträchtlich; sie überschreiten 0.10 △ nur dreimal. Die an Bord für dasselbe Seewasser bestimmten χ weichen untereinander stärker ab, als im bequemen Laboratorium die für das Nordseewasser erhaltenen (s. oben S. 68); doch muss ich gestehen, dass ich auf grössere Abweichungen gefasst war, die namentlich beim Messen mit der Vollpipette auf einem schwankenden Schiff erst nach einiger Uebung vermieden werden können.

Für künftige Fälle würde ich rathen, nicht mit einer zehnprocentigen, sondern einer fünfprocentigen Silberlösung zu titriren; die Messungen werden wesentlich genauer, wogegen der Nachtheil, grössere Quantitäten dieser empfindlichen Titrirflüssigkeit mit sich führen zu

müssen, kaum sehr ins Gewicht fällt. Man kann die Lösung daheim in einem grossen Gefäss herstellen und nachher in kleineren handlichen Liter- oder Halbliterflaschen an Bord bringen.

c. Versuche mit dem Refraktometer.

Während die Beobachtungen mit Aräometer und Chlortitrirung sich gegenseitig kontroliren und stützen sollten, war ein drittes Verfahren von mir an Bord zum ersten Mal versucht worden, das sich auf die Beobachtung des Brechungsexponenten des Seewassers gründet.

Schon Hilgard hat vor längrer Zeit diesen Gedanken experimentell verfolgt (**45**). Er benutzte eine vereinfachte Form des Frauenhofer'schen Spektralapparats, indem er statt des Kreisbogens eine Mikrometerschraube anbrachte, im Uebrigen das für Untersuchungen von Flüssigkeiten übliche Hohlprisma, in das von oben ein Thermometer eingeführt war, benutzte und damit die Ablenkung der Chlornatriumlinie beobachtete. Diese Ablenkung muss eine andre sein bei destillirtem Wasser wie bei Seewasser von verschiednem Salzgehalt, ändert sich aber auch stark mit der Temperatur. Eine allgemeinere Anwendung hat der Apparat seitdem nicht gefunden, obwohl er u. a. auch von Sigsbee empfohlen wurde. Doch schien sowohl Hensen wie mir dieser neue Weg, der die Bestimmung des specifischen Gewichts unabhängig von den das Aräometer störenden Schiffsschwankungen an Bord auszuführen gestattete, durchaus geeignet, um ihm ernstlich näher zu treten. Die Konstruktion eines besondern Hohlprismas wurde von Hensen nach einiger Ueberlegung aufgegeben oder richtiger aus Mangel an Zeit für spätere Gelegenheit vertagt, wir einigten uns dahin, diesmal das Abbe'sche Totalrefraktometer, in der geeigneten Weise adaptirt, zu versuchen. Herr Professor Dr. E. Abbe übernahm bereitwillig die Berechnung der optischen Konstanten für die von uns angegebne Form des Refraktometers, das alsdann, bei Zeiss in Jena ausgeführt, Ende Mai 1889 in meine Hände gelangte. Ein gleichzeitig hergestelltes zweites Exemplar hat Dr. G. Schott auf seiner Segelschiffsreise nach Ostasien 1891/92, und ein drittes später angefertigtes Dr. E. v. Drygalski auf der Fahrt nach Westgrönland im Sommer 1892 benutzt.

Die von uns angegebne neue Abart des Abbe'schen Instruments hat den Namen Differential- oder Doppelbild-Refraktometer erhalten und beruht auf folgenden besondern Erwägungen [1]).

Von den verschiedenen Abbe'schen Refraktometern schien die vierte Form (**46**, 47) für den Bordgebrauch am Geeignetsten, da dieses Instrument ohne Stativ, frei in der Hand zu bewegen ist und nur bei grosser Unvorsichtigkeit Beschädigung erleiden kann. Es besteht in einem Fernrohr, vor dessen Objektiv ein Prisma befestigt ist, über welches in bekannter Weise ein zweites genau gleiches aufgeklemmt werden kann. Wird zwischen die beiden Prismen ein Tropfen der zu untersuchenden Flüssigkeit gebracht, so zeigt sich beim Durchschauen durch das Okular das Gesichtsfeld in eine helle und eine dunkle Hälfte zerlegt: von den durch die Flüssigkeitsschicht gehenden Lichtstrahlen wird ein Theil total reflektirt, dessen Grösse im Gesichtsfeld an einer willkürlichen (von 0 bis 100 fortschreitenden) auf Glas eingeritzten

[1]) Auf eine physikalische Beschreibung und Theorie des Abbe'schen Refraktometers soll hier nicht eingegangen werden, da sie sich in allen Handbüchern der Physik findet (**46**). Zuerst bin ich auf dieses Refraktometer durch Herrn Professor Dr. Hagen hier aufmerksam gemacht worden.

mikrometrischen Skala abgelesen werden kann. Bei destillirtem Wasser liegt die Verlöschungsgrenze dem Anfang der Skala immer näher als bei salzhaltigem Wasser. Wird die Temperatur erhöht, so verschiebt sich die Verlöschungsgrenze näher an den Anfang der Skala hin; wird sie erniedrigt, so liest man grössere Werthe an der Skala ab, und schon kleine Temperaturunterschiede machen sich bemerklich.

In seiner einfachen Form bietet nun dieses Refraktometer keine Möglichkeit, diese Temperaturwirkung genau genug festzustellen. Beim Handhaben und Bedienen des Instruments, insbesondre bei der Reinigung der Prismen, ändert sich die Temperatur, ohne dass man erkennen kann um wieviel. Auch wenn das Instrument frisch aus seinem Kasten genommen wird, vermag ein in diesem liegendes Thermometer höchstens eine für die ersten Minuten gültige Temperatur anzugeben.

Da nun aber die Wirkung der Temperatur auf den Brechungsindex bei destillirtem und bei schwach salzigem Wasser nahezu parallel verlaufen dürfte, wäre denkbar, zuerst einen Tropfen destillirtes Wasser, dann nach Wegwischen desselben bei möglichst gleicher Temperatur rasch einen Tropfen Seewasser zu untersuchen und so die Differenzen in der Lage der Verlöschungsgrenze zu messen. Aber die Versuche mit einem gewöhnlichen Refraktometer zeigten bald Unregelmässigkeiten, sodass dieser Weg wegen offenbar eintretender Temperaturänderungen sich als nicht genügend gangbar erwies.

Es wurde nun eine gleichzeitige Beobachtung von destillirtem Wasser und Seewasser angestrebt. Da meine primitiven Versuche, eine mechanische Scheidung des reinen und salzigen Wassers auf der Prismenfläche herzustellen, einige Hoffnung auf Erfolg erweckten, wurde von Herrn Prof. Abbe vorgeschlagen, beide Prismen in der Richtung des Hauptschnitts durch eine tiefe Furche zu halbiren, sodass dann auf die linke Hälfte des festen Prismas ein Tropfen reines Wasser, auf die rechte ein Tropfen Seewasser gebracht werden konnte und doch durch eine genügend tiefe und breite Rinne zwischen den Prismenhälften verhindert wurde, dass sich beim Aufsetzen des losen Doppelprismas die beiden Flüssigkeiten vermengten, sobald man nur einigermassen vorsichtig verfuhr. Man hat also gewissermassen zwei Refraktometer neben einander, das eine für destillirtes, das andre für Seewasser, beide aber werden durch ein gemeinsames Fernrohr beobachtet. Diese Beobachtung geschieht nun so, dass durch einen beweglichen Schieber, während das Prisma gegen das Licht gerichtet ist, nur die grade zu beobachtende Hälfte des Prismas dem Licht zugänglich gemacht wird, während zugleich die andre abgeblendet ist. Die Wahrscheinlichkeit, dass dabei beide Prismenhälften dieselbe Temperatur haben werden, ist mindestens sehr gross.

Eine zweite Modifikation erwies sich nöthig in den Dimensionen des Instruments: um die Lage der Verlöschungsgrenze auf der Skala möglichst scharf bestimmen zu können, wurde die Vergrösserung des Fernrohrs bis zum äussersten hier zulässigen Maasse gesteigert (bei unserm Instrument auf 20fache Vergrösserung), sodass es zur doppelten Länge der sonst in den Handel kommenden angewachsen ist: 325 mm, gegen 150 sonst. Eine Grenze findet die Vergrösserung insofern, als die Verlöschung nicht haarscharf, sondern in einer wenn auch äusserst schmalen, so doch deutlichen (fast 0.2 Skalentheile bei unserm Instrument betragenden)

Abschattirung vom absoluten Dunkel ins lichte Weiss ausläuft. Bei noch stärkern Vergrösserungen wird diese Uebergangszone, die Abbe in so genialer Weise farblos macht, immer nur mit vergrössert, da sie technisch niemals ganz zu beseitigen ist.

Die ersten vor Antritt der Reise in Kiel an Ostsee- und Mittelmeerwasser ausgeführten Beobachtungen schienen in der That darauf hinzuweisen, dass durch die getroffne Anordnung der Temperaturkoefficient nahezu ganz beseitigt wäre. Nennt man die Ablesung an der Okularskala für destillirtes Wasser d, für Seewasser s, so wäre also die Differenz $\rho = s - d$ einfach proportional dem Salzgehalt oder dem $S\binom{17.5^0}{17.5^0}$.

Aber schon während der Expedition stetig fortgesetzte Vergleiche zwischen Aräometer und Refraktometer deuteten an, dass an die einfache Proportionalität nicht zu denken, vielmehr ein Temperaturkoefficient noch immer wirksam sei. Es ist also zwischen ρ und S die Beziehung zu erwarten: $S = a\rho + b\rho^2$. Während der Fahrt diese Frage zur Entscheidung zu bringen, gelang nicht; aber in Kiel kam sie aus fortgesetzten Versuchen zur klaren Beantwortung.

Im Uebrigen aber erwies sich das Instrument an Bord selbst als durchaus praktisch und bequem. Schwierigkeiten machten sich bisweilen bei der Reinigung der Prismenflächen geltend, denen man gar nicht genug Sorgfalt zuwenden kann. Ich fand die Reinigung mit ganz alter weicher Leinwand geeigneter als mit Fensterleder. Ferner trat bei den hohen Temperaturen der Tropen die Verlöschungsgrenze des destillirten Wassers öfter über den Nullpunkt der Mikrometerskala hinaus, sodass dann eine Beobachtung von d unmöglich wurde: diesem Mangel kann jedoch durch eine Verschiebung dieser Skala durch den Fabrikanten leicht abgeholfen werden. Auch Dr. Schott hat, wie er mir mittheilt, diesen Missstand bei der Benutzung des Schwesterinstruments unangenehm empfunden. Misslicher war aber endlich, dass bei Beobachtung längrer Serien die spiegelnden Prismenflächen durch das stetige und sorgfältige Reinigen offenbar örtliche Erwärmungsdifferenzen erlitten, wodurch sie uneben wurden und unklare Verlöschungsgrenzen lieferten. Macht man dann eine längre Pause von einer halben oder ganzen Stunde, so stellt sich die volle Leistungsfähigkeit dieser offenbar sehr empfindlichen Spiegelflächen von selbst wieder her.

Was nun die Ergebnisse meiner Refraktometer-Beobachtungen an Bord wie in Kiel betrifft, so bin ich auch heute noch nicht in der Lage, sie in abgeschlossner Form vorzulegen. Sicher ist jedenfalls zweierlei. Zuerst eine, wenn auch nur schwache, Einwirkung der Temperatur, wie folgende an Bord gefundene Reihe beweisen mag. Nach dem Aräometer war in den drei aufgeführten Fällen dasselbe specifische Gewicht 26.95^{Δ} vorhanden; das Refraktometer ergab:

Datum:	21. Juli	23. Juli			6. September
$d =$	11.1	10.7	9.9	8.8	1.0
$\rho =$	64.9	65.4	65.4	65.0	63.8

Das Beispiel zeigt auch gleichzeitig die zweite Thatsache: dass nämlich eine grössere Genauigkeit für ρ als $\pm$ 0.3 schwerlich zugestanden werden kann.

Ich habe auf der Fahrt und nachher ungefähr ein Dutzend Wasserproben vom verschiedensten aräometrisch bestimmten Salzgehalt aus Ostsee, Nordsee, Ocean und Mittelmeer gesammelt und refraktometrisch bei verschiedenen Temperaturen ($d = 0$ bis 15) untersucht;

ich habe danach die Aufstellung empirischer Formeln zu verschiedenen Malen unternommen, ohne indess vom Resultat befriedigt zu sein. Schuld daran sind zunächst wohl die Bestimmungen der $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$, die an Bord mit dem Aräometer ausgeführt, eine nicht unbedeutende Fehlerquelle darboten, dann aber an den in kleinen Fläschchen aufgehobenen Proben nur durch Chlortitrirung, und auch so nicht allzu oft, wiederholt werden konnten. Schliesslich sind aber die Divergenzen der letzten und ersten Beobachtungen der ρ von einander so gross geworden, dass eine nachträgliche Veränderung und zwar Verstärkung des Salzgehalts dieser Proben nur zu wahrscheinlich ist. Eine neue, wirklich sichere Grundlage, wie sie dies empfindliche Instrument erfordert, kann nur durch äusserst sorgfältige Pyknometerwägung beschafft werden, und zu einem solchen bekanntlich nicht ganz leichten Unternehmen gebrach es theils an bequemer Gelegenheit, theils und besonders aber an der hierzu erforderlichen Zeit. Ich bemerke nur noch, dass es erforderlich sein wird, für mehrere Temperaturstufen ($d = 0, 5, 10, 15$) oder doch für zwei sehr extreme, die Beziehungen zwischen ρ und S zu suchen. Ferner hat es vom oceanographischen Standpunkt aus, der für mich obenan steht, keinen Zweck, für diese Versuche andres als natürliches Seewasser zu gebrauchen. Erfahrungen, die ich mit eingedampftem Ostseewasser gemacht habe, scheinen mir sogar solches auszuschliessen; möglicherweise ist der Gasgehalt auch von Einfluss auf den Brechungsexponenten. Man sieht aber nach alledem, dass es nicht gut wäre, hier etwas zu übereilen oder auf ungenügender Grundlage aufzubauen. Das an sich für den Bordgebrauch so bequeme Refraktometer soll aber auch von mir weiterhin einer sorgsamen Untersuchung auf neuer Grundlage unterworfen werden.

II. Ergebnisse.

In der am Schlusse dieses Abschnitts stehenden Tabelle sind die Ergebnisse meiner durch Aräometer und Chlortitrirung gewonnenen Untersuchungen des specifischen Gewichts und Salzgehalts verzeichnet. Ich habe ausser dem $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$ auch die $S\left(\frac{t^0}{4^0}\right)$ (wo t^0 die örtliche Meerestemperatur bedeutet) berechnet und aufgeführt, weil die Kenntniss dieses sogenannten »absoluten specifischen Gewichts« nicht nur für die Oceanographie wichtig, sondern vielleicht auch für die Beurtheilung der natürlichen Bedingungen, unter denen die Planktonwesen leben, bedeutsam ist. Wird doch auch die Bestimmung des specifischen Gewichts der die Organismen aufbauenden Substanzen auf die Dichtigkeit des reinen Wassers von 4° bezogen.

Auch in diesem Falle müssen wir nun Bezug nehmen auf die sonst von andrer Seite gelieferten Untersuchungen. Anfänglich geneigt, eine Zusammenstellung sämmtlicher $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$ zu geben, habe ich mich doch für den Salzgehalt, der ja als einfach proportional den $S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$ gilt, entschieden, da dieser Begriff an sich anschaulicher ist und die Skala etwas empfindlicher wird. Denn während im Ocean die specifischen Gewichte schwanken zwischen 24 und 29 $^{\Delta}$, bewegt sich der Salzgehalt zwischen 31 und 38 Promille. Ihren Ausdruck findet dann meine Zusammenstellung der vorliegenden Salzgehaltsbestimmungen in der Karte (Tafel 1), die als eine wesentlich vervollständigte Neubearbeitung einer schon im Jahre 1890 von mir ausgegebnen gelten darf (**47**). Wie die ältere, so giebt auch die vorliegende den Salzgehalt

in Promille, d. i. Gramm fester Rückstände im Kilo Seewasser, und nicht Procente, die der vielen erforderlichen Decimalen wegen nicht so übersichtlich sind.

Bei dem Eintragen der Linien gleichen Salzgehalts (der *Isohalinen*) bin ich im Wesentlichen und vorzugsweise meinen eignen Beobachtungen gefolgt, die entlang der Fahrtlinie des NATIONAL durch kräftige Signatur erkennbar eingetragen sind. Ausserdem habe ich alles sonst irgend Brauchbare mit benutzt, sodass ich versichern kann, hiermit eine wahrscheinlich recht vollständige Uebersicht aller auf dem Gebiete bekannten Salzgehaltsbestimmungen zu bieten.

Sehr wichtiges Material bot Buchanan im grossen CHALLENGER-Werk (**24**). Die dort gegebenen $S(\frac{15.56^0}{4^0})$ wurden direkt in Salzgehalt umgerechnet nach der Formel

$$p = 1353\ [S(\tfrac{15.56^0}{4^0}) - 1].$$

Nächstdem enthielt das Werk über die GAZELLE-Expedition (**1**) ein sehr reichhaltiges, aber unverarbeitetes Material, die $S(\frac{t^0}{17.5^0})$; ich nahm, da sechsmal täglich das Aräometer abgelesen wurde, meist nur zwei Positionen (früh 8 und Abends 8), seltner noch eine dritte heraus, da der Maassstab der Karte für alle nicht ausreichte. Ferner bot Dr. E. Lentz (**48**) auf Kotzebues Weltreise 1823 und 1826 gewonnenes, anscheinend sehr verlässliches Material, das aus den im Original angegebenen $S(\frac{t^0}{17.5^0})$ nach meinen eignen Tabellen neu reducirt wurde. Für die Gebiete nördlich von 30° N. Br. bis nach Grönland hin gewährten Forchhammers Salzgehaltsbestimmungen (**43**) eine sehr erwünschte Ergänzung, der hohe Norden wird dann ausserdem noch durch Hambergs Untersuchungen (**22**) bedacht, zu denen ich auch einige von Dr. Giese an Bord der GERMANIA im Sommer 1882 in der Davisstrasse erhaltne Aräometerbeobachtungen fügen konnte (**49**). Eine von Dr. Emil Bessels ausgeführte Reihe von Beobachtungen zwischen Neufundland und Grönland ist uns ja leider mit dem Untergange seines Schiffes verloren gegangen, sodass dadurch meine eignen Beobachtungen auf der genannten Strecke zunächst die einzigen sind. — Zwischen Brest und Neufundland beobachtete Professor J. Thoulet im Sommer 1886, durch die nördliche Sargassosee hin und nahe an 45° N. Br. zurück fahrend, an Bord der CLORINDE mit Chlortitrirung den Salzgehalt (**39**). Auf der Postdampferroute zwischen New-York und dem Kanal haben wir nur eine kleine Zahl ähnlicher Bestimmungen von Bouquet de la Grye (**38**). Für den östlichen und südöstlichen Theil der Karte stellte mir mit dankenswerther Freundlichkeit Herr Dr. G. Schott seine Aräometerbeobachtungen vom Herbst 1891 und Sommer 1892 (in Tagesmitteln) in Abschrift zur Verfügung. Eine wichtige Ergänzung des Materials für die östliche Aequatorialgegend gewährten einzelne neuere Beobachtungen von Buchanan (**26**), der leider noch nicht alles publicirt hat, was er davon besitzt. Für die europäischen Meere wurden die bekannten Arbeiten von Mohn (Nordmeer), Holzhauer (Nordsee), Luksch und Wolff (Mittelmeer), soweit der kleine Maassstab es zuliess, benutzt. — Nicht verwendbar erwiesen sich die zwar sehr zahlreichen, aber schon oben als unzuverlässig bezeichneten Aräometerbeobachtungen deutscher und englischer Handelsfahrzeuge; bei den englischen ist sogar nicht einmal angegeben, welche Temperaturen den specifischen Gewichten zum Grunde liegen.

Eine Scheidung der Salzgehaltsangaben nach den Jahreszeiten konnte nicht durchgeführt werden; dazu ist das wirklich brauchbare Material leider noch nicht ausreichend. Wahr-

scheinlich sind die Unterschiede auch überhaupt nicht so gross wie die der Temperatur, und nur an einer Stelle, wo sie stärker auftreten als sonst, werden sie schon aus den bisherigen Daten erkennbar.

Von Darstellungen des Salzgehalts oder des diesem proportionalen specifischen Gewichts lagen ausser meiner eben erwähnten Karte nur noch eine solche Buchanans im Challenger-Werk und eine andre im Atlas des Atlantischen Oceans der Seewarte vor. Meine Darstellung wird der Buchanans im Grossen und Ganzen ähnlicher als der der Seewarte. Doch ist auch auf meiner Karte, wie die stellenweise nur punktirten Isohalinen andenten, noch mancherlei unsicher und bedarf künftiger genauerer Forschung.

So ist namentlich die Fläche des grössten Salzgehalts und zwar des grössten nicht nur im Nordatlantischen Ocean, sondern im offnen Weltmeer überhaupt, nach Westen hin nur im Hinblick auf die wenig zahlreichen Beobachtungen des Challenger zwischen St. Thomas und Bermudas soweit ausgedehnt worden. Auch die Grenze nach Osten hin ist nicht so ganz scharf zu geben, weil da merkliche Unterschiede in den einzelnen Zahlen hervortreten. Soviel kann aber als gesichert gelten, dass das Maximum des Salzgehalts unweit des 25° N. Br. in der Mitte zwischen den Kanarischen Inseln und den nordöstlichen Antillen liegen dürfte. Dieses Maximum erreicht 37.5 Promille kaum, wenigstens kommen bei den guten Beobachtern höhere Werthe aus dieser Gegend nicht vor. Im Südatlantischen Ocean wird nahe am Wendekreis und an der Küste Brasiliens ein ähnlich hoher Salzgehalt (Maximum 37.3 Promille) gemeldet, während im ganzen Indischen und Pacifischen Ocean, wenn wir die hohe See ins Auge fassen, nur ganz vereinzelt 37 und in der Regel in den Maximalgebieten nur 36 Promille erreicht wird.

Die Region grössten Salzgehalts fällt, wie man durch Vergleich mit Tafel 4 der Reisebeschreibung sehen kann, nicht mit der eigentlichen Sargassosee zusammen, ist vielmehr dagegen etwas nach Süden und stark nach Osten verschoben; sie liegt auch südlich von der dort eingetragenen Region häufiger Windstillen, d. i. der Rossbreitenzone mit ihrem Luftdruckmaximum. Das Gebiet stärksten Salzgehalts gehört also schon dem Passat an, der hier eine allerdings noch stark ausgeprägte Tendenz absteigender Bewegung, also geringe Luftfeuchtigkeit besitzt und damit eine starke Verdunstung von der Wasseroberfläche erzeugt. Die Strömungen des Meeres selbt erklären das übrige: das Wasser des Florida- und Antillenstroms, das bei den Açoren nach Südosten und Süden, und bei ca. 30° N. Br., 30° W. L. nach Südwesten abbiegt, hat beim Eintritt in den Bereich der Rossbreiten einen Salzgehalt von 36 bis 36.5 Promille. Beim Fortschreiten nach S und SW wird sich auch noch in den Anfängen des Passats die Verdunstung den spärlichen Strichregen überlegen zeigen und den Salzgehalt noch weiter erhöhen, sodass dann in der That der höchste Salzgehalt erst da zu finden ist, wo der Strom den eigentlichen Trockenraum, die Rossbreiten, bereits in seinem Rücken hat. Hier haben wir also sozusagen eine räumliche Verspätung des Eintritts des Maximum, wie wir eine zeitliche Verspätung beispielsweise in der täglichen (und jährlichen) Periode der Luftwärme kennen, wo sich einige Stunden (oder einen Monat) nach dem höchsten Sonnenstande erst das Temperaturmaximum einzustellen pflegt. — Verschiebungen dieses Gebiets höchster Salinität mit den Jahreszeiten lassen sich aus den vorliegenden Beobachtungen nicht erkennen.

Zwischen 12° und 42° N. Br. herrscht ein Salzgehalt von mehr als 36 Promille. Nur in der Mitte des Oceans in 35° W. L. nähert sich die Isohaline von 36 dem 45° N. Br.

Die auffallende Thatsache, dass entlang unserm Kurse vom Kap Farvel nach Neufundland der Salzgehalt nur nahe am Ostgrönlandstrom und nahe der Neufundlandbank unter 34 Promille hinuntergeht, dazwischen aber 34 bis 35 beträgt, scheint mir für die neue Auffassung der hier herrschenden Meeresströmungen zu sprechen, die auf der Karte durch Pfeile angedeutet ist. Das leichte, schwach salzige Wasser des Labradorstroms geräth nördlich und nordöstlich von der Flämischen Kappe in Mischung mit dem salzigern des hier von den Südwestwinden erfassten tropischen »Golfstroms«, starke Regenfälle, verbunden mit geringrer Verdunstung bei niedrigen Lufttemperaturen, kommen dazu, um zwischen Neufundland und Schottland den Salzgehalt dieses Wassers unter 36 Promille herunterzudrücken.

Der Nordrand des Floridastroms erwies sich am 2. August (s. Tabelle) verhältnissmässig noch schärfer gekennzeichnet durch schnelles Ansteigen des Salzgehalts, wie durch das der Temperatur: die Wasserwärme stieg von 1^h bis 2^h p. m. von 21.6° auf 24.0°, der Salzgehalt von 33.45 bis 35.65 Promille. Professor Thoulet hatte am 27. Mai 1886 einen ähnlichen Sprung im Salzgehalt (in derselben geographischen Länge, nur 50 Minuten in der Breite südlicher) gefunden. Von Süden kommend hatte er Morgens 7 Uhr 16.6° Wasserwärme und 35.5 Promille Salz, Mittags 13.6° und 33.7 Promille.

Einige Bedenken bereitete das Gebiet verminderten Salzgehalts, das mit dem Guineastrom ungefähr zusammenfällt. Ich habe es so eingetragen, wie es vermuthlich im September und Oktober 1889 angeordnet war. Dass ein solches Minimum des Salzgehalts zwischen den beiden von den Passaten erregten Meeresströmen vorhanden ist, kann kaum einem Zweifel unterliegen. Alle Salzgehaltszahlen nördlich vom Aequator bis 10° N. Br., die unter 35.5 Promille herunter gehen, sind in einer Jahreszeit und an einer Stelle beobachtet, wo grade die Kalmen und der Südwestmonsun, beide mit Regenfällen, herrschten. Diese Kalmenzone liegt im März und April dem Aequator am nächsten und ist dann ziemlich schmal (Lentz fand am 17. April 1826, von Süden kommend, in 1° 55′ N. Br., 23° 10′ W. L. 34.7 Promille, zwei Tage darauf in 3° N. Br. hatte er 35.1 Promille, bei Stille); im Juli und August liegt der die Kalmenzone ersetzende sogenannte Südwestmonsun ungefähr über dem Raum, den die Isohaline von 35 auf der Karte umgrenzt. Das sind also die extremen Lagen. Im Uebrigen aber verschiebt sich die »Kalmenzone« von Tag zu Tag, und wenn ein vorher durch die Kalmenregen an seiner Oberfläche angesüsster Meerestheil dann wieder dem frischen Passat ausgesetzt wird, ist es begreiflich, dass alsbald die Salinität bei der dann herrschenden Verdunstung sich schnell steigert. Ferner ist das Wasser ja auch in einer ziemlich starken Strömung begriffen, sodass der Grad der in einer bestimmten Position gefundenen Salinität auch von meteorologischen Vorgängen beeinflusst ist, denen das Wasser weiter luvwärts ausgesetzt war. Daher in dieser Region des Oceans so divergente Angaben des Salzgehalts wie sonst nirgends auf der Karte.

Die Zunahme des Salzgehalts in der Nähe der brasilischen Küste hat schon Buchanan auf der Challengerfahrt 1873 erkannt und durch den auflandigen Wind sowie durch die ver-

hältnissmässige Regenarmuth der Küste erklärt. Dass aber die nämliche Verdichtung des Seewassers auch westlich vom Kap S. Roque vorhanden ist, kam mir damals, als wir von Fernando Noronha nach der Parámündung fuhren, doch recht überraschend, wenn die Zunahme der Salinität in dem tiefen Wasser ausserhalb der Küstenbank auch nicht grade beträchtlich ist. Aber sie trat erstaunlicher Weise auch auf der Küstenbank selbst hervor, während wir auf die Lootsenstation von Punta Atalaia etwas östlich von der Mündung des Paráflusses zu hielten (vgl. die Tabelle 23. September). Eine gute Specialkarte zeigt, dass verhältnissmässig wenig und kleine Flüsse in den Provinzen Rio grande del Norte und Ceará münden; woher sollten sie bei dem regenarmen Klima wohl auch viel Wasser führen. Die Dürre in Ceará war in den achtziger Jahren überhaupt so excessiv, dass die Bevölkerung zu Tausenden von dort vertrieben wurde und über Pará in die Kautschukwälder am oberen Amazonas, Madeira und Purus auswanderte. — Man beachte, wie die Einwirkung der Gezeitenströme im Mündungstrichter des Paráflusses oder Tocantins erkennbar ist (Tabelle: 23. Sept.). Das mit der Flut stromaufwärts gehende Wasser ist im Vergleich zum Ebbestrom merklich salziger, es war auch in der Farbe durch grünliches Grau gegen das orange- oder ziegelrothe Lehmwasser des andern kräftig abgezeichnet. — Der Verlauf des aus dem eigentlichen Amazonenstrom kommenden Landwassers entlang der Guayanaküste ist auf der Karte nur ganz hypothetisch eingetragen. Wir wissen nur von Oberst Sabine, dass er Einwirkungen des Amazonaswassers noch in 5° N. Br., $50^1/_2{}^0$ W. L. gefunden hat. Weitre Beobachtungen über diese Fahne schwach salzigen oder brackigen Wassers, die der Meeresstrom entlang der Küste nach Nordwesten fortführt, wären sehr erwünscht.

Da die Schöpfflaschen für Tiefseeproben recht undicht waren und nur wenig Wasser heraufbrachten, so wurden sie nur selten mit in die Tiefe hinabgelassen. Diese Fälle sind in der Tabelle mit aufgeführt, die Untersuchung geschah durch Chlortitrirung (vgl. oben S. 77 f.). Aus den »absoluten specifischen Gewichten« ist erkennbar, wie mit der Tiefe die Dichtigkeit rasch zunimmt; die Kompression der tiefern Wasserschichten durch die höhern kommt in gleichem Sinne wirksam dann noch dazu.

Verzeichniss der Salzgehaltsbeobachtungen.

Datum	N. Br.	W. L.	Temperatur der Meeresoberfl.	Aräometer $S\left(\frac{t_\prime{}^0}{17.5^0}\right)$	Aräometer $t_\prime{}^0$	$S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$	$S\left(\frac{t^0}{4^0}\right)$	Salzgehalt (Promille)	Bemerkungen
	im Belt		0	Δ	0	Δ	Δ		
Juli 15.	südlich von Sprogö		17.2	12·10	17.2	12·05	10·82	15.8	
» 19.	58° 41′	6° 31′	12.5	27·75	12.5	26·75	26·54	35.1	
» 20.	59° 15′	11° 51′	12.4	27·80	13.5	27·00	26·81	35.4	
» 21.	59° 42′	16° 48′	12.5	27·90	12.5	26·95	26·75	35.3	
» 22.	60° 10′	22° 40′	11.6	28·00	12.3	27·00	26·96	35.4	
» »	60° 12′	22° 56′	14.0	27·40	15.2	26·90	26·39	35.4	
» »	» »	» »	—	—	—	26·90	—	35.4	Tiefenwasser vom Boden in
» 23.	60° 18′	27° 0′	10.6	28·05	11.5	26·95	27·09	35.3	2406 m.
» 25.	60° 5′	36° 47′	8.3	27·75	11.1	26·60	27·12	34.8	

Datum	N. Br.	W. L.	Temperatur der Meeresoberfl.	Aräometer $S\left(\frac{t_1^0}{17.5^0}\right)$	Aräometer t_1^0	$S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$	$S\left(\frac{t^0}{4^0}\right)$	Salzgehalt (Promille)	Bemerkungen
	° ′	° ′	°	△	°	△	△		
Juli 25.	59 55	39 36	8.5	27·80	9.6	26·40	26·89	34.6	
» 26.	59 36	41 18	3.7	26·00	7.4	24·35	25·45	32.0	Ostgrönlandstrom.
» 27.	56 30	42 42	7.5	27·35	12.3	26·35	27·00	34.5	
» 28.	53 47	45 31	12.3	27·40	11.5	26·30	26·13	34.5	
» »	52 35	46 20	9.6	27·40	11.5	26·30	26·61	34.45	
» 29.	50 48	47 18	10.6	27·40	11.5	26·30	26·44	34.45	
» 30.	48 46	49 4	10.1	26·95	11.5	25·85	26·08	33.85	
» 31.	47 0	51 29	13.2	25·10	14.3	24·50	24·25	32.1	
» »	46 24	52 25	14.0	25·00	14.8	24·50	24·00	32.2	
» »	46 5	52 42	14.0	24·40	19.7	24·90	24·40	32.6	
Aug. 1.	44 42	54 19	16.8	—	—	24·90	23·87	32.6	Durch Refraktometer im Vergleich zu den vorigen Tagen.
» »	43 40	54 55	17.2	24·40	19.7	24·90	23·67	32.6	
» 2.	42 24	55 42	20.1	24·50	20.5	25·15	23·22	33.0	
» »	42 12	55 48	21.6	24·45	22.2	25·50	24·16	33.45	
» »	42 10	55 53	24.0	25·55	24.2	27·15	24·15	35.65	Floridastrom.
» »	41 56	56 00	23.8	25·75	24.0	27·30	24·36	35.75	
» »	41 36	56 18	23.6	25·20	24.3	26·85	23·97	35.1	
» 3.	40 24	57 00	25.4	25·40	25.4	27·35	23·92	35.9	
» »	40 7	57 12	25.8	25·60	25.8	27·65	24·11	36.2	
» »	39 47	57 28	26.4	25·40	26.4	27·65	23·92	36.15	
» »	39 34	57 40	25.6	25·50	26.0	27·60	24·12	36.15	
» 4.	37 54	59 5	27.6	24·95	27.2	27·40	23·32	35.9	
» »	37 12	59 47	26.0	25·50	26.1	27·60	24·00	36.15	
» »	37 1	59 55	26.3	25·40	26.1	27·50	23·80	36.1	
» 5.	35 36	61 35	26.0	25·40	26.0	27·50	23·90	36.0	
» »	34 35	62 34	26.5	25·60	26.0	27·70	23·95	36.25	
» 6.	33 12	63 41	26.6	25·30	26.5	27·55	23·77	36.15	
» 10.	32 18	64 18	26.6	25·60	26.5	27·85	24·07	36.5	
» »	32 5	63 24	27.0	25·25	26.7	27·55	23·65	36.15	
» 12.	31 29	59 0	26.7	25·60	26.5	27·85	24·04	36.45	
» 13.	31 14	57 18	26.8	25·55	26.5	27·80	23·96	36.45	
» 14.	30 56	53 44	26.8	25·55	26.6	27·85	24·01	36.5	
» 15.	30 47	50 59	25.8	25·70	27.1	28·10	24·56	36.8	
» 17.	31 25	45 52	26.2	26·00	26.2	28·15	24·49	36.85	
» 18.	31 44	43 38	25.7	26·30	25.5	28·25	24·74	37.05	
» »	31 43	43 1	26.0	26·15	26.7	28·40	24·59	37.50	
» »	» »	» »	(18.9*)	—	—	27·81	26·18	36.45	* aus 200 m Tiefe.
» »	» »	» »	(16.7*)	—	—	28·14	27·03	36.90	* » 400 » » .
» 19.	31 29	40 44	25.8	26·00	25.9	28·10	24·56	36.85	
» 20.	30 13	37 57	25.4	26·20	25.4	28·15	24·72	36.9	
» »	» »	» »	(17.5*)	—	—	27·71	26·42	36.35	* aus 185 m Tiefe.
» »	» »	» »	(16.2*)	—	—	27·96	27·00	36.50	* » 370 » » .
» »	» »	» »	(8.4*)	—	—	27·72	28·22	36.35	* » 930 » » .
» »	29 52	36 59	25.4	26·30	25.4	28·25	24·82	37.0	

Datum	N. Br.	W. L.	Temperatur der Meeresoberfl.	Aräometer $S\left(\frac{t,^0}{17.5^0}\right)$	Aräometer $t,^0$	$S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$	$S\left(\frac{t^0}{4^0}\right)$	Salzgehalt (Promille)	Bemerkungen
	° ′	° ′	°	Δ	°	Δ	Δ		
Aug. 21.	28 46	34 42	25.5	26·35	25.4	28·30	24·85	37.05	
» 22.	27 4	33 10	24.8	26·50	24.8	28·30	25·06	37.05	
» 23.	25 1	31 26	24.3	26·80	24.5	28·50	25·40	37.45	
» 26.	18 56	26 26	24.7	25·70	25.0	27·50	24.29	36.1	
» 30.	16 7	23 6	26.0	25·00	27.0	27·40	23·80	35.9	
Sept. 1.	13 22	22 45	26.5	25·20	26.7	27·50	23·75	36.1	
» 2.	10 7	22 8	26.2	24·90	26.5	27·15	23·49	35.6	
» 3.	7 55	21 22	26.5	24·40	26.3	26·60	22·80	34.8	
» 4.	5 59	20 21	26.7	24·30	26.6	26·55	22·74	34.8	
» 5.	3 40	18 58	26.3	24·90	25.8	26·95	23·25	35.3	
» 6.	1 46	17 18	26.0	24·90	25.7	26·90	23·30	35.3	
» 7.	0 6	15 19	23.4	25·70	23.5	27·15	24·32	35.55	
	S. B.								
» 8.	1 24	14 49	23.3	26·00	23.5	27·45	24·65	35.9	
» 9.	4 5	14 14	23.6	25·60	23.7	27·05	24·15	35.5	
» 10.	6 57	14 15	24.1	25·75	24.0	27·30	24·28	35.8	
» 12.	7 54	14 36	23.9	25·60	24.0	27·20	24·25	35.7	
» 13.	7 41	17 21	24.5	25·60	24.5	27.30	24·15	35.8	
» 14.	7 20	20 15	24.8	25·60	24.6	27·30	24·06	35.8	
» 15.	6 56	23 20	24.5	25·50	24.4	27·20	24·05	35.6	
» 16.	5 40	26 30	25.2	25·50	25.1	27·35	24·00	35.8	
» 17.	4 24	29 12	25.7	25·30	25.8	27·40	23·90	35.8	
» 18.	3 42	32 41	26.3	25·25	26.3	27·40	23·70	35.9	
» 19.	2 49	35 10	26.4	25·20	26.4	27·40	23·67	35.9	
» 20.	1 47	38 7	26.6	25·15	26.6	27·40	23·64	35.9	
» 21.	1 7	41 2	27.0	25·15	27.0	27·55	23·65	36.0	
» »	0 16	42 25	27.1	25·10	27.2	27·55	23·60	36.0	
» 22.	0 6	44 12	26.9	25·10	27.2	27·55	23·65	36.0	
» »	0 5	45 10	26.5	25·20	26.7	27·50	23·75	36.0	
» 23.	0 14	46 45	27.6	25·40	27.3	27·85	23·77	36.4	
» »	0 20	47 19	28.0	25·50	27.6	28·10	23·90	36.8	
» »	0 26	47 50	28.0	24·50	27.7	27·10	22·90	35.4	Mündung des Tocantius.
» »	0 27	48 3	28.0	22·45	27.7	25·00	20·80	32.6	
» »	0 40	48 11	28.0	14·60	27.7	17·00	12·97	22.3	Bei Flutstrom.
» 24.	0 40	48 11	28.0	6·90	26.6	9·00	5·14	11.8	Bei Ebbestrom.
» »	0 48	48 16	28.0	1·10	27.7	3·30	unter 1*	4.3	*$S\left(\frac{28^0}{4^0}\right) = 0.999{\cdot}56$.
Okt. 8.	0 46	48 15	28.0	7·30	28.5	9·80	5·24	12.8	
» »	0 27	47 56	28.3	24·70	28.3	27·45	23·14	35.9	
	N. B.								
» 9.	0 24	46 37	26.7	24·95	27.7	27·55	23·74	36.1	
» 10.	4 42	44 30	27.4	24·70	27.8	27·35	23·32	35.8	
» 11.	6 36	43 24	28.5	23·90	27.9	26·60	22·20	34.8	
» 12.	9 22	42 3	28.0	24·10	28.0	26·80	22·40	35.0	
» 13.	12 00	40 23	27.3	24·90	27.2	27·35	23·35	35.8	

Datum	N. Br.	W. L.	Temperatur der Meeresoberfl.	Aräometer $S\left(\frac{t,^0}{17.5^0}\right)$	Aräometer $t,^0$	$S\left(\frac{17.5^0}{17.5^0}\right)$	$S\left(\frac{t^0}{4^0}\right)$	Salzgehalt (Promille)	Bemerkungen
	° ′	° ′	°	Δ	°	Δ	Δ		
Okt. 14.	14 49	38 54	26.9	25·20	26.7	27·50	23·60	36.0	
» 15.	17 42	38 11	26.1	25·90	25.2	27·80	24·20	36.6	
» 16.	20 21	37 50	25.5	26·10	25.3	28·00	24·55	36.8	
» 17.	23 12	36 20	25.0	26·85	24.5	28·55	25·25	37.4	Maximum des Salzgehalts.
» 18.	25 33	34 52	24.8	26·80	24.5	28·50	25·25	37.3	
» 19.	28 18	32 12	24.1	26·80	24.1	28·40	25·40	37.2	
» 20.	30 49	30 53	23.3	26·60	23.4	28·05	25·25	36.7	
» 21.	33 35	29 1	23.0	27·60	19.0	27·90	25·20	36.55	
» 22.	35 44	26 59	21.8	27·50	19.3	27·90	25·50	36.5	
» 28.	39 7	23 33	18.9	27·30	17.8	27·35	25·72	35.85	
» 29.	41 6	21 12	17.6	27·40	17.4	27·40	26·08	35.9	
» 30.	43 33	17 53	16.0	27·60	16.5	27·40	26·46	35.9	
» 31.	46 11	13 38	15.0	28·00	12.9	27·10	26·38	35.5	
Nov. 2.	vor Lizard	O. L.	12.0	27·90	12.5	26·95	26·84	35.3	
» 4.	52 39	3 14	12.2	27·40	12.4	26·45	26·30	34.6	
» »	54 4	4 50	11.2	27·30	11.7	26·20	26·23	34.2	
» 5.	55 36	6 41	11.4	27·20	11.4	26·10	26·10	34.2	
» »	bei Hanstholm		9.2	26·00	9.6	24·65	25·03	32.35	
» 6.	südöstl. von Skagen		8.3	19·70	8.6	18·30	18·82	24.1	
» »	Læsö Rinne		8.7	18·30	9.4	17·05	17·51	22.5	
» »	nördl. von Fornæs		8.4	19·30	9.0	18·00	18·50	23.6	
» »	» » Sejrö		8.2	12·80	8.8	11·65	12·18	15.2	

§ 7. Untersuchungen über die Farbe der Meere.

Schon ein kurzer Aufenthalt von wenigen Tagen an dem Strande der Nordsee oder Ostsee ist geeignet, dem Beschauer, auch ohne dass er besondere Aufmerksamkeit darauf zu verwenden brauchte, die äusserst wechselvolle Färbung der Meeresoberfläche vorzuführen. In Tagen blauen, wolkenlosen Himmels kann die Kieler Föhrde, wenn man sie von den Höhen im Westen überschaut, einem das prächtigste Blau zeigen, das bei Ostwind gegen die Abendstunden sogar eine Leuchtkraft gewinnt, dass man meint, das Becken der Föhrde sei mit blauer Emaille erfüllt. Bei nebelgrauem Herbstwetter liegt sie in graugrüner Färbung, die unter Umständen, wenn ein Gewitter mit drohend blauschwarzem Gewölk den Himmel heraufzieht, sich zu voller Tintenschwärze umwandeln kann. Von Marinemalern, die der »impressionistischen« Richtung huldigen und die Farben nach ihren eignen subjektiven Eindrücken gewissermassen künstlerisch verklärt wiedergeben, findet man das Meer in allen möglichen Regenbogenfarben dargestellt, und es wäre leicht, unter Hinweisung auf bekannte Gemälde alter und neuer Meister eine vollständige prismatische Meerfarbenskala vom krassen Eigelb durch alle Arten Grün und Blau bis zum fahlsten Lila hin zusammenzubringen. Nicht anders ists bei den Dichtern. Kaum hat irgend einer der neueren diese wechselvolle Färbung des Meeres in so verschiednen Auffassungen geschildert

wie der alte Vater Homer. Wohl unzählige Male nennt er es »purpurn«, wo nämlich die hoch gehende Sturmwoge den von der tief stehenden Sonne gerötheten Himmel wiederspiegelt; oder auch »weinfarben«, d. h. so wie Südweine gefärbt sind, wo der Reflex von einem gelbbraun beleuchteten Kumulus ausgeht. In andern Fällen, wo das Wetter sehr schlecht ist, nennt er das Meer geradezu »schwarz« oder auch »weissgrau« (voller Schaum); auffallend selten aber nennt er die See bei ihrer wahren objektiven Farbe »blau« oder »veilchenfarben« [1]).

Dass es sich, wenn man diese Farbenfülle überdenkt, wesentlich nur um Reflexerscheinungen an der spiegelnden Oberfläche handelt, liegt klar auf der Hand. Will man die dem Seewasser zukommende objektive Farbe feststellen, so muss man alle Reflexe der Oberfläche möglichst ausschliessen, am Besten indem man etwa durch ein innen geschwärztes Rohr ins Wasser hineinsieht. Dann ist unsre Ostsee und Nordsee grün, mit nur wenig beigemengtem Blau; dagegen das Mittelmeer und der tropische Ocean meist vollkommen blau (kobaltblau), während in den kälteren Gegenden des offnen Oceans blaugrüne Färbungen vorkommen. Freilich treten gelegentlich auch noch ganz andre Färbungen auf. So werden milchweisse, blutrothe, gelblich- oder schiefergraue oder olivenfarbene Töne erwähnt. Aber ausnahmslos sind in solchen Fällen diese »Missfärbungen«, oder »Verfärbungen«, wie der Seemann sie bezeichnend nennt, örtlich mehr oder weniger eng begrenzte Flecke, und wie hier gleich hinzugefügt werden mag, durch verschiedene, dem vorher wie nachher wieder blauen oder blaugrünen Wasser beigemengte sehr kleine Organismen oder, wie im Gelben Meere, unorganische Fremdkörper hervorgerufen. Von diesen »Missfärbungen« soll im Folgenden zunächst nicht die Rede sein. Die wirklich über grossen Räumen des offnen Oceans herrschenden Färbungen schwanken nur zwischen Blau über Blaugrün nach Grün. Das »Blaugrün« kann nun an der einen Stelle mehr Blau, an der andern mehr Grün enthalten, und um diese feineren Uebergänge deutlich zu beschreiben, reicht der Vorrath an Farbenbezeichnungen in unsrer Sprache nicht aus, obwohl das Auge sie sehr scharf noch zu unterscheiden und dem Gedächtniss zu überliefern vermag. Nun haben wir zwar für die dem Ohre zugehenden Schallschwingungen eine in der ganzen Welt verständliche Ausdrucksweise, wenn wir die Höhe der Töne durch Noten bezeichnen. Für die Licht- und Farbentöne wird wohl nur der Physiker mit einer Bezugnahme auf die verschiedene Länge der Lichtwellen zu befriedigen sein. Wir könnten dann etwa sagen, die häufigsten Färbungen des Meeres liegen zwischen den Wellenlängen von 0,000530 und 0,000480 Millimeter, d. h. ungefähr zwischen der Frauenhofer'schen Linie *E* im grünen und der Linie *F* im blauen Theil des Sonnenspektrums. Aber wer ist in der Lage, auf der Seefahrt an Bord die Wasserfarbe dem Spektrum durch direkten Vergleich einzuordnen? Ein dazu geeigneter Spektralapparat

[1]) γλαυκός = »blauglänzend«, »gluh-blau« nur Il. 16, 34; und ἰοειδής = »veilchenblau« Od. 5, 56; 11, 107; Il. 11, 298. Für die andern Bezeichnungen: οἴνοψ = »weinfarben« vgl. Od. 1, 183; 2, 421; 5, 132 etc.; μέλας = »schwarz« Od. 5, 353; Il. 23, 693 oder κελαινός Il. 9, 6. — πολιός = »greis«, »grau« Od. 2, 23; 4, 580; 9, 104 u. s. w. Ausserdem kommt noch vor: μαρμαρέη ἅλς = »flimmernde Salzflut« und das schwierig zu übersetzende ἠεροειδής (Od. 3, 105, 294; 5, 164; 13, 150 u. sonst) wörtlich = »nebelhaft«, im Zusammenhang mit »dämmernd« oder »dämmerig« zu übersetzen, wenn man nicht »luftartig blau« vorzieht, da Nebel auf dem Mittelmeer doch selten sind.

müsste überhaupt erst konstruirt werden, was nicht ganz leicht ist. Und im Laboratorium, wo man einen grössern Spektralapparat sicher und bequem aufstellen kann, ist wieder das Seewasser unter den der Natur entsprechenden Beleuchtungsverhältnissen nicht zu haben. Wir lassen darum diese Schwierigkeiten auf sich beruhen und betrachten zunächst die kurze historische Entwicklung, die das vorliegende Problem in der Praxis genommen hat.

Die ersten Bemühungen, die Meeresfarbe exakt an Bord zu bestimmen, treffen wir, soviel ich sehe, bei Humboldt, der dabei an Saussures Untersuchungen über die Himmelsbläue anknüpfte. Um nämlich die wechselnde Färbung des Himmels beschreiben zu können, hatte Saussure ein sogenanntes *Kyanometer* erfunden, dessen sich Humboldt dann zu gleichem Zwecke auf seiner Fahrt durch den Nordatlantischen Ocean und auf der Reise im tropischen Amerika bediente. Da das Seewasser in den niedrigern Breiten, wie oben gesagt, ebenfalls blau erscheint, so entschloss sich Humboldt, gelegentlich auch das Kyanometer zur Bestimmung der Wasserfarbe anzuwenden. Das Instrument war aber doch dazu wenig geeignet, denn es gab nur Abstufungen des Blau in 53 verschiedenen, dem Auge noch grade unterscheidbaren Intensitäten, übergehend von reinem Weiss durch Blau zum vollen Schwarz. Saussure (**50**) benutzte hierzu Berliner Blau von der besten Beschaffenheit, aufs sorgfältigste gerieben und mit Gummiwasser angemacht, das zuerst mit schwächster Lösung auf weisses Papier aufgetragen in einer bestimmten Entfernung von daneben gelegtem ungefärbtem weissen Papier nicht zu unterscheiden war: nämlich in einer Entfernung vom Auge, wo ein schwarzer Tintenkreis von $1^3/_4$ Linien (4 Millimeter) Durchmesser auf weissem Papier nicht mehr sichtbar war; der Unterschied trat aber sofort hervor, sowie nur das Auge dem gefärbten Papier oder dem schwarzen Kreise wieder näher gebracht wurde. So stufenweise fortschreitend und schliesslich das Berliner Blau mit Beinschwarz vermischend, kam er zu 53 »Tinten« oder »Graden«, deren letzter in einem reinen tiefen Schwarz bestand. Indem er nun Streifen aus diesen Papieren ausschnitt und rings an den Rand einer Scheibe aus weisser Pappe klebte, erhielt er ein handliches Instrument, das zur Vergleichung mit der Himmelsfarbe im Freien ganz geeignet war. Aber da die Farbe des Meeres weniger häufig in der Intensität des Blauen schwankt, als Veränderungen nach dem Grün hin zeigt, so war doch das Kyanometer für diesen Zweck nicht überall brauchbar. Bei schönem, heiterm Wetter fand Humboldt (**51**) die Farbe des Atlantischen Oceans gleich dem 33., dem 38., bisweilen selbst dem 44. Grad des Kyanometers, wie am 10. Juni 1799 in 37° 26′ N und 14° 12′ W, also nordöstlich von Madeira, obwohl hierbei das Himmelsgewölbe sehr blass war und kaum den 14. Grad erreichte. Wenn man, sagt Humboldt weiter, statt das Kyanometer gegen eine grosse Fläche des offnen Meeres zu richten, die Augen auf einen kleinen Theil der Oberfläche durch eine enge Oeffnung heftet, so erscheint das Wasser von einer prächtigen Ultramarinfarbe. »Wenn dagegen am Abend der Rand der Wellen, von der Sonne erleuchtet, von Smaragdgrün glänzt, wirft die Fläche derselben von der Seite des Schattens einen purpurnen Reflex. Nichts ist auffälliger, als die schnellen Veränderungen, welche die Farbe des Oceans bei einem heitern Himmel und ohne dass man die geringsten Veränderungen in der Atmosphäre beobachtet, erleidet. Ich spreche hier nicht von der milchigen und weisslichen Tinte, welche das Wasser auf Lotgrund charakterisirt und die

nur von dem in der Flüssigkeit vertheilten Sande herrühren kann, weil sie sich in Gegenden findet, wo der Grund auf 20 oder 30 Faden auf keinerlei Weise sichtbar ist: ich meine jene ausserordentlichen Veränderungen, durch welche, mitten in dem weiten Becken des Aequinoctionaloceans, das Wasser von dem Indigblau ins dunkelste Grün und von diesem ins Schiefergrüne übergeht, ohne dass das Blau des Himmels oder die Farbe der Wolken darauf Einfluss zu haben scheint«. Hier meint Humboldt also die sogen. »Missfärbungen«. Er betont dann weiter, dass auch die blaue Tinte des Oceans von dem Reflex des Himmels »beinahe unabhängig« sei. Dass sich der Golfstrom in höhern Breiten durch sein stärkeres und reineres Blau von der kühlern Wasserumgebung unterscheidet, wird dann ebenfalls noch ausdrücklich hervorgehoben.

In neuern und ältern Reiseberichten bemerkt man im Uebrigen immer ein mehr oder weniger sorgsames Bestreben, durch Beschreibung mit Worten die jeweilig beobachtete Meeresfarbe wiederzugeben. Recht regelmässig und gewissenhaft ist dies u. a. an Bord der Korvette Gazelle geschehen, deren Beobachtungen uns später noch im Einzelnen beschäftigen werden.

Einen wesentlichen Fortschritt zum Bessern hat aber erst F. A. Forel, bei seinen bekannten Untersuchungen über die Seen der Schweiz, angebahnt, indem er eine leicht herzustellende und recht einfach zu benutzende Farbenskala erfand. Sie besteht aus einem Dutzend kurzer Glasröhrchen, die wie die Sprossen einer Leiter neben einander von einem Rahmen gehalten werden und in ihrem Innern sicher verschlossen, verschieden gefärbte, von Blau zum Grün stufenförmig übergehende Flüssigkeitsproben enthalten. Die Mischung stellt jeder Apotheker leicht folgendermassen aus zwei Lösungen her, einer blauen und einer gelben. Die blaue besteht aus 1 Gramm Kupfervitriol, gelöst mit 9 Gramm Ammoniak in 190 Gramm destillirtem Wasser; die gelbe aus 1 Gramm neutralem chromsaurem Kali, gelöst in 199 Gramm destillirtem Wasser. Aus beiden Lösungen mengt nun Forel die einzelnen Proben so zusammen, dass er die rein blaue Kupfervitriollösung zur Basis nimmt und mit Null Grad bezeichnet; ein zweites Röhrchen enthält 2 Gramm der Chromatlösung und 98 Gramm der blauen; ein drittes Gläschen 5 Gramm der gelben, 95 der blauen u. s. w. Eine mir von Herrn Forel zum Gebrauch auf der Planktonfahrt mitgegebene Skala, ursprünglich zur Untersuchung der Wasserfarbe der Alpenseen benutzt, enthielt 11 an beiden Enden zugeschmolzene Glasröhrchen von je 9 Millimeter Durchmesser und 60 Länge, deren gelbe Füllung in den Procenten 0, 2, 5, 9, 14, 20, 27, 35, 44, 54, 65 bemessen war[1]). Da Forel die Stufen nach dem Maasse dieser gelben Lösung bezeichnet, könnte man sein Instrument ein *Xanthometer* (ξανθός = gelb) nennen. Die Beobachtung erfolgt, indem man sich an der Seite des Schiffs aufstellt, auf die die Wellen zulaufen; der dem Beobachter zugewandte Abfall der Wellen nahe am Schiffskörper betrachtet, ist dann am Geeignetsten, die Wasserfarbe zu liefern, wenn nur nicht grade starke Sonnen- oder andre Lichtreflexe störend sich einstellen. Wo, wie auf vielen Kriegsschiffen ein Schacht zum Liften

[1]) Nach meinen Vergleichen an einem allerdings nur kleinen Spektroskop würden in erster Annäherung entsprechen:

Forels Skala	=	0	2	5	9	14	20,
Wellenlänge λ.	=	479	486	495	504	514	527 μμ.

Die Skalenstufe 2 Forels fällt ungefähr mit der Frauenhofer'schen Linie *F*, Stufe 20 mit *E* zusammen.

der Schraube, oder wie auf den meisten ältern Segelschiffen neben dem Ruderpfosten ein ähnlicher Schacht vorhanden ist, empfiehlt sich dieser. Die Farbenskala hält man in ihrem Etui über weissem Papier liegend vor sich in der Hand und kann dann meist sehr leicht die Stellung der Wasserfarbe in der Farbenskala angeben. Auf der Planktonfahrt wurde vom Deck aus so jede erkennbare Veränderung der Meeresfarbe leicht und bequem registrirt. Nur wo, wie im Schmelzwasser des Ostgrönlandstroms südöstlich von Kap Farvel, olivengrüne Färbung auftrat, oder wie im britischen Kanal beim stürmischen Südwest graugrüne, oder in den Binnengewässern von Bermudas milchig schwefelgrüne Nüancen sich einstellten, war die Skala nicht anwendbar, es wären denn zufällig passend gefärbte Papierproben zum Ersatz für das gewöhnlich der Skala untergeschobene weisse Blatt zur Hand gewesen. Auch die Unterschiede in der Intensität des reinen Blau (0° des Xanthometers), das bald heller, bald brillanter erschien, liessen sich am Xanthometer nicht ablesen. Aber das sind verhältnissmässig geringfügige Mängel.

Forel (**52**) hat mit seinem Instrument die Färbung der bekanntern Alpenseen so bestimmt:

Der Genfer See . . . . . = 9 Proc. Gelb,
» Vierwaldstätter See . . = 14—20 Proc. Gelb.
» Comer See . . . . . = 20—27 » » ,
Der Langen See . . . . . = 20—27 Proc. Gelb,
» Luganer » . . . . . = 35 » » .

Meine Beobachtungen auf der Planktonfahrt ergaben nun Folgendes (vgl. die Karte Tafel 2).

Die Wasserfarbe der Ostsee glich, bei Bülck in der Kieler Aussenföhrde gemessen, dem 14. Xanthometer-Grade, also wie der Vierwaldstättersee im Winter sie zeigt. Etwas blauer war die Nordsee, auf der Ueberfahrt des NATIONAL vom Skagerrak nach Schottland (12—14).

Der offene Atlantische Ocean war zwischen Schottland und dem Rande des eisführenden Ostgrönlandstroms mit geringen Schwankungen [1]) so blaugrün wie der Genfer See im Winter (= 9 Procent Gelb), der Ostgrönlandstrom selbst war Ende Juli 1889 hellgrün (14—20 Proc. Gelb), dabei stellenweise mit grossen olivengrünen Streifen. Das Meeresgebiet zwischen Grönland und dem Nordrande der Neufundlandbank glich in der Farbe wieder der Ostsee (14 Proc.). Während wir alsdann in drei Nebeltagen die Grosse Bank von Neufundland überschritten, und in den warmen Florida- oder Golfstrom übertraten, nahm mit jedem Tage südwärts der Procentantheil des Gelb merklich ab, der des Blauen entsprechend zu. Wir hatten:

Juli	29:	in	50° 51′	N. Br.,	47° 17′	W. Lg.:	14	Proc.	bei	11°	Wassertemperatur,
»	30:	»	49° 2′	»	» , 48° 45′	»	9	»	»	11°	»
»	30:	»	48° 41′	»	» , 49° 19′	»	5	»	»	10°	»
»	31:	»	46° 38′	»	» , 52° 4′	»	5	»	»	14°	»
Aug.	1:	»	44° 38′	»	» , 54° 23′	»	3	»	»	17°	»
»	2:	»	42° 24′	»	» , 55° 42′	»	3	»	»	20°—25°	»
»	3:	»	40° 0′	»	» , 57° 17′	»	2	»	»	25.5°	»

[1]) Wir hatten: am 19. Juli in 59° N. Br., 8° W. L. ca. 8 Forel,
» 20. » » 59° » » 12° » » » 10—12 » .
» 20. » » 59½° » » 14° » » » 9 » .
Sonst immer 9 Proc. Gelb, bis zum 25. Juni, Nachmittags 7 Uhr (in 60° N. Br., 38½° W. L.), wo die Wasserfarbe rasch bis 14 und mehr Procent Gelb annahm.

Den Nordrand des warmen Floridastroms überschritten wir am 2. August, Nachmittags $1^1/_2$ Uhr, was aus den Temperatur- und Salzgehalts-Bestimmungen ganz deutlich hervorging, während zu meiner Verwunderung in der Wasserfarbe nicht der geringste Unterschied wahrzunehmen war. Sonst nämlich hat man das kalte Wasser immer als grün oder blaugrün, das warme des Floridastroms als besonders schön blau und gegen das andre scharf abgesetzt beschrieben.

Im weitern Verlaufe unsrer Planktonfahrt blieben wir nun wochenlang im wahren »blauen Wasser«: wie der Seemann mit Vorliebe die eigentliche Tiefsee nennt, wo er mit seinen Lotleinen den Grund nicht erreichen kann. Sobald wir auf den Rand des Korallenriffs von Bermudas gelangt waren, ging das Wasser ins Grüne (9—14) über; wo der nur $4^1/_2$ Meter tief gehende Dampfer sich grade über Korallenriffe hin bewegte, trat noch mehr Gelb (bis zu 20 Proc.) hervor.

Ein völlig reines Blau, ohne jede Spur von Gelb, erfüllte die Sargassosee, an einzelnen Tagen von wahrhaft fascinirender Transparenz: hier wurde mir klar, wie die Griechen das Meer ebenso wie ein leuchtendes Frauenauge γλαυκός nennen konnten. Denn dass im östlichen Mittelmeer ganz ähnliche Farbeneffekte vorkommen, vermag ich nach Aussagen von Marineofficieren, die auch die Sargassosee gut kennen, entschieden zu versichern [1]). Der Himmel war dabei keineswegs wolkenlos und die See durchaus nicht unbewegt, die Durchsichtigkeit des Wassers erreichte jedoch eben dort auch ihr Maximum.

Als wir dann im letzten Drittel des August von der Ostgrenze der Sargassosee her (30° N. Br., 40° W. Lg.) mit Südostkurs auf die Kapverden zu dampften, büsste das Seewasser ein wenig an Klarheit und Bläue ein, doch war niemals mehr als 2 Procent Gelb zuzugestehen. Dies galt auch damals für den Archipel der Kapverden selbst; zu andern Zeiten aber, z. B. als die Gazelle im Juli 1874 hier verweilte, sind hier auch grünere Färbungen vorgekommen. Der nördliche Aequatorial- und der Guineastrom zeigten unverändert fast reines Blau (0 bis 2 Procent Gelb). Eine auffällige Aenderung ergab sich fast mit der Stunde, wo wir aus dem warmen Tropenwasser des Guineastroms südwärts heraustraten und in das um 3° kühlere des südlichen Aequatorialstroms gelangten: am 6. September (1° 31′ N, 17° 2′ W) Morgens war die Wasserfarbe unzweifelhaft mit 5 Procent Gelb, am folgenden Tage, wo wir die Linie überschritten, sogar mit 7 Procent Gelb zu schätzen. Am 8. und 9. September ging dann der Gelbgehalt stufenweise bis auf 2 Procent, und eine Tagereise nördlich von Ascension (in 7° S. Br., 14° 15′ W. L.) wieder unter 2 Procent herunter bis nahe an Null. So blieb er dann auch im Allgemeinen, während wir von Ascension westwärts nach Fernando Noronha und der Mündung des Pará zudampften. Nur zweimal, am 13. September Vormittags (7.7° S. Br., 17.5° W. L.) und 15. September Vormittags (6.8° S. Br., 23.8° W. L.) nahm die See auf ein bis zwei Stunden ein verfärbt grünlichblaues Ansehen an, das sich langsam in das normale Blau verlor. Sobald wir am 22. September gleich nach Mittag (in 0° 1′ N. Br., 44° 40′ W. L.) die brasilische Küstenbank mit Tiefen von weniger als 200 Meter betreten hatten, wandelte sich die Wasserfarbe

[1]) Es ist das inzwischen durch die österreichische Expedition an Bord der Pola in den Sommern 1890—92 durch Professor Luksch an der Hand der Forel'schen Skala bestätigt worden.

innerhalb einer Viertelstunde von 1 Procent auf 5, und nach einer weitern halben Stunde auf 9 Procent Gelb, und wurde gegen Abend bei 14 Procent Gelb zu einem trüben Graugrün, das bis zum Einlaufen in die mit gelbrothem Lehmwasser erfüllte Flussmündung sich erhielt. Als wir zwei Wochen später von Pará heimwärts fuhren, war dieser Gegensatz in der Wasserfarbe zwischen Küstenbank und Tiefsee nicht minder ausgeprägt: am 8. Oktober änderte sich der Gelbgehalt stufenweise von 18 Procent am frühen Morgen durch 14 bis 9 am Abend; und am 9. Oktober früh war die See schon wieder ganz blau, mit kaum 1 Procent Gelbgehalt. Nachdem wir am 17. Oktober den Wendekreis in 36° W. L. passirt hatten, stellte sich auch das herrlich blauleuchtende Wasser der Sargassosee wieder ein und verliess uns erst am 22. (in 35° N. Br., 27° W. L.); doch blieb bis zu den Açoren der Gelbgehalt unter 2 Procent. Nordöstlich von dieser Inselgruppe wurde das Blau weniger rein mit 3 Procent Gelb, und sobald am 1. November unser Dampfer auf der Küstenbank vor dem Kanal stand, trat sofort stärkeres Grün auf, erst mit 5, dann schnell mit 9 und vor Lizard mit 14 Procent Gelbgehalt, im Kanal selbst mit milchiger Trübung. Diese verlor sich erst in der Nordsee nach Dover, doch blieb das gesättigte Grün (14) unverändert in der Nordsee und in den Zugängen zur Ostsee bis zur Kieler Föhrde. Die Planktonfahrt bot uns demnach Gelegenheit, alle gewöhnlichen und häufigen Farbennüancen des Meerwassers in reichem Wechsel zu studiren.

Seit der Heimkehr der Plankton-Expedition ist dann die Forel'sche Skala noch zweimal auf Fahrten über den Ocean benutzt worden. Von Oktober 1891 an hat Dr. Gerhard Schott an Bord des Bremerhavener Vollschiffs Robert Rickmers auf der Reise nach Penang regelmässig die Wasserfarbe bestimmt, ebenso auf seiner Heimreise im Jahre 1892 an Bord des Viermasters Peter Rickmers. Nach seinen freundlichen Mittheilungen, für die ich auch an dieser Stelle meinen Dank zu sagen nicht verfehle, sind neben den von mir selbst auf dem National erhaltnen und entlang seiner Fahrtlinie eingetragenen Farbenzahlen auch diese neueren als höchst willkommene Ergänzung auf unsrer Karte Taf. 2 verzeichnet. Dr. Schott verliess den Kanal am 26. Oktober, passirte Madeira am 3. November, die Kapverden am 7. November, schnitt die Linie am 15. November 1891; diese Beobachtungen beziehen sich also auf die winterlichen Farbenzustände. Auf der Heimfahrt berührte er Ascension am 16. August, die Linie am 20. August, die Kapverden am 4. September, die Sargassosee (in ca. 38° W. L.) vom 10. bis 18. September und erreichte den Kanal am 1. Oktober 1892. Die Heimreise fiel also in dieselbe Jahreszeit wie die Planktonfahrt. — Ferner hat Dr. E. v. Drygalski auf der Fahrt von Kopenhagen nach Westgrönland im Sommer 1892 regelmässige Beobachtungen gemacht, die aber im Einzelnen noch nicht vorliegen.

Auf Grund der so gewonnenen Erfahrungen ist es recht wohl möglich, einigermassen die aus denselben oder benachbarten Meeresstrichen von früheren Beobachtern in Worten gegebenen Beschreibungen mit den Nummern der Forel'schen Skala sozusagen zur Deckung bringen. So ordnen sich die Bemerkungen im Schiffsjournal der Gazelle und zahlreiche Angaben in den Auszügen aus den meteorologischen Tagebüchern von Schiffen der Handelsmarine, die von der Deutschen Seewarte für zehn Zehngradfelder des nordatlantischen Oceans veröffentlicht sind, ohne merkliche Schwierigkeit in das sichere Gerüst der mit dem Forel'schen Xantho-

meter scharf charakterisirten Fahrtlinie unsres Dampfers National ein. Nicht ganz so leicht verwerthbar erweisen sich die wenig zahlreichen Farbenangaben in den bekannten englischen Publikationen über die neun Zehngradfelder zwischen 20° N. und 10° S. Br. im Atlantischen Ocean. Ich konnte also den Versuch wohl wagen, die vorliegenden Angaben in Gestalt einer Uebersichtsskizze der herrschenden Meeresfarbe kartographisch zusammenzufassen, wie das auf Tafel 2 geschehen ist. Nicht genug zu betonen ist allerdings, dass man dabei principiell und von vornherein darauf verzichten muss, ein für alle Fälle und ausnahmslos giltiges Bild anzustreben. Denn schon eine flüchtige Durchsicht des zusammengebrachten Materials lässt deutlich erkennen, dass ganz unregelmässige Schwankungen in der Wasserfarbe nicht blos an gewissen ausgezeichneten Stellen, sondern auf weiten Gebieten vorzukommen scheinen. Das einzig mögliche war sonach eine Uebersichtsskizze der gewöhnlich herrschenden Färbung. Dass einem ersten systematischen Versuch mannigfache Mängel anhaften müssen, soll sofort zugegeben werden, doch scheinen sie mir nicht von solchem Gewicht, dass man darum ganz auf dies Unternehmen verzichten sollte. Die Karte enthält darum neben der vorherrschenden Farbe auch Angaben über besonders häufige oder andre bemerkenswerthe Abweichungen davon.

Aus dem Kartenbilde ist zunächst ersichtlich, dass weitaus die grössten Flächen der Hochsee von der blauen oder fast blauen Farbe beherrscht werden. Im Südatlantischen Ocean dürfte das blaue Gebiet im Westen über 40° bis nahe an 48° S. Br. im Brasilienstrom, dagegen im Osten kaum viel über 5° O. Lg. (von Grw.) reichen und die Fläche des Benguelastroms ganz frei lassen: denn dieser wird uns allgemein als »grün« beschrieben. Soweit dagegen die Guineaströmung an der westafrikanischen Küste über den Aequator hinaus vordringt, ist auch das Wasser blau, d. h. gelegentlich bis zur Kongomündung. Wir haben dafür das Zeugniss Pechuël-Lösches, v. Dankelmans u. Andrer.

Am Reinsten ist das Blau im Innern der grossen Strömungskreise zu finden, im nordatlantischen also ungefähr im Bereiche der Sargassosee, im südatlantischen zwischen 10° und 30° S. Br. und westwärts vom Greenwichmeridian.

Im Gegensatze hierzu neigt im Allgemeinen die Meeresfarbe zum Grünen, sobald man sich den flachen Küsten aller Breiten und den Kaltwasserströmen der Polarregionen nähert. Doch nicht ohne erhebliche Ausnahmen.

Das bis zu 24° warme Wasser des südlichen Aequatorialstroms hat eine entschiedene Neigung dazu, ostwärts von 20° W. Lg. grünlich blau (mit einem bis 7 Proc. reichenden Gelbgehalt) zu werden. Unsre eignen Beobachtungen werden darin nicht nur bestätigt durch Dr. G. Schott, sondern auch von zahlreichen andern, die in den englischen Veröffentlichungen über diese Aequatorialzone wiedergegeben sind: man kann sagen, dass jene im Sommer erscheinende und so auffallende Kaltwasserinsel (mit Temperaturen unter 24° bis knapp 20° C!) regelmässig von »missfarbenem«, in der Regel als »grün« bezeichnetem Wasser, begleitet ist. Aus den Beobachtungen der Gazelle geht hervor, dass diese Zunge grünlichblauen Wassers jedenfalls bisweilen, wenn nicht regelmässig, in die ähnlich gefärbte Benguelaströmung hin zu verfolgen ist. Weder Salzgehalt noch Temperaturen können dabei als solche gelten, wie sie sonst Polargewässern zukommen.

Ferner treten auch vorübergehend »grüne Stellen« in den sonst schön blauen Tropengewässern auf: im Bereiche der südlichen Aequatorialströmung ist es wieder unser Sommer, d. h. die Zeit von Mai bis September, wo sie vorzugsweise sich einstellen. Nach den englischen Veröffentlichungen lässt sich für diese fünf Sommermonate ihre Frequenz ungefähr dreifach so gross angeben, wie für die sieben übrigen Monate des Jahres. Sehr selten scheinen dagegen die »grünen Stellen« zwischen 15° und 25° N. Br. zu sein, wenn man die Nähe der Kapverden ausschliesst: ich kenne überhaupt keinen genügend gesicherten Fall der Art aus der Literatur. Bei den Kapverden selbst aber finden sich grünliche Färbungen mehrfach verzeichnet, so auch, wie schon erwähnt, von der GAZELLE im Juli 1874, und sie werden immer häufiger, je näher der afrikanischen Küste und je nördlicher die Positionen liegen. Nach den von der Seewarte veröffentlichten Schiffsbeobachtungen kommen sie dort fast in allen Jahreszeiten vor, werden aber immer von den Beobachtern als etwas auffallendes, anscheinend dort nicht grade normales erwähnt.

Auch die eigentliche Sargassosee hat in ihren nördlicheren Gebietstheilen (jenseits 35° N) solche vorübergehenden grünen Stellen, die nach den Veröffentlichungen der Seewarte besonders in den Frühlingsmonaten auftreten. Sie werden um so häufiger im Frühling, je mehr man über die Açoren nordwärts hinaufgeht, während der Sommer hier überwiegend blaues Wasser bringt.

Wie das tropisch erwärmte Golfstromwasser gelegentlich grüne Stellen zeigt, so ist umgekehrt auch das den Polarregionen entstammende des Labradorstroms anscheinend bisweilen recht blau: unsre Fahrt vom 31. Juli bis 2. August (s. oben S. 93) beweist diese keineswegs gewöhnliche Erscheinung. Normal ist hier, wie auch die Veröffentlichungen der Seewarte für das Zehngradfeld 149 (40° bis 50° N, 40° bis 50° W) ergeben, die blaue Farbe für das warme Golfstromwasser, die grüne für das kalte des Labradorstroms, mit sehr ausgeprägter Grenze zwischen beiden.

Das Golfstromwasser nimmt nun zwischen 10° und 40° W. L. beim Fortschreiten nach Nordosten nördlich von 50° N. Br. einige Procente mehr Gelb an (bis ca. 9 der Forel'schen Skala), ohne jedoch im tiefen Wasser des Nordmeers etwa bis ins Ostseegrün zu kommen: im norwegischen Nordmeer liegt die Wasserfarbe zwischen 9 und 12, wenn man die wenigen die Farbe betreffenden Beschreibungen (z. B. die von Pansch und Koldewey) überhaupt so zu deuten wagen darf. An der Küste zwischen und vor den Fjorden und Schären bis über das Nordkap hinaus zum Varangerfjord ist die See jedenfalls ostseegrün (14—20 Forel), wie ich aus eigener Anschauung versichern kann.

Auffallend bleibt dem gegenüber immer, dass sich in der doch noch ziemlich tiefen See zwischen Neufundland und Grönland auch das wärmere aus dem Golfstromgebiet dahin abgezweigte Wasser beträchtlich mehr gelb zeigte (14 Proc. nach Forel, also wie die Ostsee), als zwischen Grönland und Schottland vorgekommen war (nur 9 Proc.).

Man sieht schon hiernach auf den ersten Blick, dass die Wasserfarbe weder mit der Temperatur, noch mit dem Salzgehalt, noch mit der Wassertiefe in irgend einer einfachen Beziehung steht, sondern noch zahlreichen andern und überhaupt sehr komplicirten Bedingungen

unterliegen muss. Wir wollen darum zunächst versuchen, wie weit dem Problem von einem allgemeinern Standpunkte aus beizukommen ist.

Kleine Quantitäten Seewasser erscheinen, ebensowenig wie das reinste, destillirte Wasser, weder im auffallenden noch im durchfallenden Licht irgendwie gefärbt. Dass aber reines Wasser eine eigene Farbe im durchfallenden Licht zeigen kann, hat Bunsen vor einem halben Jahrhundert bereits bewiesen. Es gehört dazu nur, dass der Weg, den das Licht durch das Wasser zu durchmessen hat, mehrere Meter lang ist und sonst natürlich kein andres Licht seitlich etwa störend eingreifen kann. Dann ist destillirtes Wasser deutlich »blau«, nach Andern »blaugrün« gefärbt. Daraus ist zu entnehmen, dass im reinen Wasser die rothen und gelben Strahlen des Spektrums bedeutend stärker absorbirt werden, als die grünen und blauen [1]). Dass sich Seewasser hierin nicht merklich anders verhält, ist schon aus folgenden von Aitken (**54**) betonten Thatsachen zu schliessen. Lässt man weissgemalte Scheiben in die tropisch blaue See hinab, so sieht man, wie sie anfangs nur ganz leicht grünlich, dann bläulich und in zunehmender Tiefe immer kräftiger blau gefärbt erscheinen, bis man sie schliesslich von dem umgebenden blauen Meer nicht mehr unterscheiden kann, worauf sie dem Auge entschwinden. Bringt man Apfelsinenschalen zum Versinken, so erscheint dabei das in der Luft kräftige Orange sehr schnell gelblich, schliesslich gelbgrün und merkwürdig gebleicht, wie bei unreifen Apfelsinen. Diese rasche Absorption der rothen und gelben Lichtstrahlen bestätigte auch beim Tauchen an der Küste der Riviera der Schweizer Fol (**55**). Er erblickte dabei das Tageslicht in Gestalt eines hellen Kegels, dessen Spitze im Auge lag und einen Winkel von 62° 50′ umspannte; ausserhalb dieses Lichtkegels hatte das Seewasser seine natürliche blaue Farbe. Alle in der Tiefe betrachteten Gegenstände nahmen eine blaue Farbe an, rothe aber erschienen in 30 m Tiefe schwarz, während grüne Algen noch lebhaft gefärbt aussahen: beim schnellen Aufsteigen aus der Tiefe erschien durch Kontrastwirkung dem an das Blau gewöhnten Auge alles in der Luft roth. Ganz exakt aber sind diese Absorptionsvorgänge einmal von H. W. Vogel (**56**) in der berühmten blauen Grotte von Capri untersucht worden. Diese Grotte empfängt bekanntlich ihr Licht nur durch einen etwas über einen Meter hohen und ebenso breiten Eingang, der sich aber tief unter Wasser fortsetzt und darum fast nur solchem seitlichen Licht Zugang gewährt, das schon einen langen Weg unter der Meeresoberfläche durchmessen hat. Bei der richtigen Stellung der Sonne, die keineswegs jeden Tag zu haben ist, erfüllt sich die Grotte mit jener magischen, blauen Beleuchtung, die so mannigfache begeisterte Schilderungen hervorgerufen hat. An einem solchen günstigen Tage im Juni 1875 hat Vogel das aus dem Wasser kommende Licht mit dem Spektroskop untersucht; er fand darin »das Roth ganz verschwunden, das Gelb sehr erheblich verblasst, sodass die *D*-Linie kaum zu erkennen war, dagegen erschienen Grün, Blau und Indigo hell, und die beiden Linien *E* und *b* flossen zu einem deutlichen dicken Absorptionsstreifen zusammen«. Seine Absicht, auch die benachbarte

[1]) Vgl. darüber die neuesten eingehenden Untersuchungen von Hüfner und Albrecht (**53**). Violettes Licht der Wellenlängen $\lambda = 446—452$ μμ geht durch eine 180 cm dicke Schicht destillirten Wassers mit 95.1 Procent seiner ursprünglichen Intensität hindurch, grünes Licht ($\lambda = 523—531$) mit 92.3 Procent, dagegen gelbes (von $\lambda = 593—611$) nur mit 63.7 und rothes ($\lambda = 658—671$) nur mit 49.3 Procent.

»grüne Grotte« zu untersuchen, konnte er leider wegen plötzlicher Erkrankung nicht ausführen. Seitdem hat nur noch John Aitken (**54**) das Spektroskop auf das blaue Mittelmeer gerichtet und genau dieselben Absorptionserscheinungen bemerkt wie Vogel, dessen Mittheilung er aber nicht gekannt zu haben scheint.

Dass im grünen Ostseewasser die Absorption etwas anders gefunden werden müsse, wird man aus der Farbenbezeichnung selbst schon schliessen dürfen. Untersuchungen hierüber hat ein Botaniker, Professor Dr. Fr. Oltmanns (**57**) in Rostock kürzlich veröffentlicht. In einer 17 m langen Röhre absorbirt Ostseewasser beide Enden des Spektrums: das Roth ist vollkommen, das Gelb bis nahe an die Natriumlinie schwächer absorbirt, bei der Wellenlänge von ca. 600 bis 615 ist aber ein dunkles Absorptionsband eingeschaltet. Der von Vogel bei *Eb* bemerkte Absorptionsstreifen ist nur ganz schwach angedeutet, dafür aber ist alles Violett, Indigo und Blau bis zu $\lambda = 450$ ausgelöscht. Wie man sieht, mit der andern Farbe doch auch eine wesentlich andre Absorption; nur dass Roth und Orange rasch verschwinden, ist der Ostsee und dem Mittelmeere gemeinsam.

Die Farbenerscheinungen bei auffallendem Licht können nun allein so zu Stande kommen, dass die Lichtstrahlen in das Wasser eindringen und dabei grösstentheils reflektirt werden: beim blauen Mittelmeer und Tropenocean gehen die rothen und gelben Strahlen und ein kleiner Theil des Grünen *(Eb)* durch Absorption verloren; und zwar je weiter der Weg durchs Wasser führt, desto mehr kann das reflektirte Licht von Grün, Blau und Indigo enthalten, je früher aber die Reflektion erfolgt, desto mehr wird sich auch vom Gelb und Roth dem an die Oberfläche zurückkehrenden Licht beigemengt finden. Im grünen Ostseewasser wird ebensowohl das Indigo wie das Roth der Absorption unterliegen, sodass da bei kürzerem Weg der Lichtstrahlen vor ihrer Reflektion nur ein gelblicheres, bei längerem ein tieferes, gesättigteres Grün zu Stande kommt.

Massgebend ist also das Eintreten der Reflektion: diese wird aber wahrscheinlich allein durch die dem Wasser beigemengte, darin schwebende Trübung bewirkt. Je reicher an solcher das Wasser ist, desto früher und vollständiger wird das eingedrungene Licht zurückgeworfen. Absolut trübungsfreies Wasser müsste darnach vollkommen schwarz erscheinen.

Schon aus dieser einfachen Erwägung heraus könnte man die allgemein über den Küstenbänken auftretenden grünen Färbungen erklären: denn auf flachem Grunde wird sich das Wasser schneller und leichter trüben. Da bleibt aber als gewichtiger, wenn auch einziger Ausnahmefall unser Befund auf den flachen Neufundlandbänken übrig, wo wir das Wasser blauer sahen als sonst auf einer ähnlich flachen Küstenbank. Aber im Allgemeinen ist das Gesetz sehr wohl auszusprechen: je trüber das Wasser, desto grösser die Wahrscheinlichkeit, dass die Farbe dem Grün sich nähert.

Nun ist aber an schwebender Trübung reiches Wasser nothwendig auch weniger durchsichtig, sodass man also dieses allgemeine Gesetz auch so fassen könnte: je durchsichtiger, desto blauer ist das Meer, je undurchsichtiger, desto wahrscheinlicher neigt die Farbe zum Grün.

Am Ausgeprägtesten war das Blau nach der oben gegebenen Zusammenstellung in der Sargassosee, wo auch die Durchsichtigkeit des Wassers ihr Maximum erreichte. Während die weissen Frieskegel der Planktonnetze im Norden zwischen Schottland und Grönland meist zwischen 15 bis 20 m Tiefe eben noch sichtbar waren, verschwanden sie in der Sargassosee erst in 40 bis 50 m dem Auge. Die zur Bestimmung der Durchsichtigkeit des Seewassers dienende 2 m grosse weissgemalte Segeltuchscheibe, die überhaupt nur zweimal ihrem Zweck entsprechende Verwendung fand, wurde das erste Mal in der westlichen Sargassosee in 58 m, das zweite Mal östlicher (in 31° 44′ N. Br., 43° 38′ W. Lg.) erst in 66 m Tiefe versenkt unsichtbar. Noch nirgends hat man solche 2 m grossen Scheiben in so beträchtlichen Sichttiefen dem Auge entschwinden sehen: in der westlichen Ostsee geschieht das (im Sommer) in 16 m, in den westschottischen Binnengewässern am Eingang zur Clyde in 22 m, im Mittelmeer in 54 m Tiefe (**58**); die Regel wird also anscheinend gut bestätigt. Leider war in dem grünblauen Aequatorialwasser (7 Proc. Forel) über eine Verminderung der Durchsichtigkeit nichts festzustellen, da unglücklicherweise grade damals die Planktonnetze so schräg und weit wegtrieben, dass man sie nicht zu solchen Beobachtungen benutzen konnte.

Als um so werthvoller dürfen darum die Beobachtungen der Gazelle-Expedition gelten, bei denen sowohl die Wasserfarbe, wie auch die Durchsichtigkeit, an 89 Orten in allen drei grossen Oceanen bestimmt worden ist. Für die Untersuchung der Durchsichtigkeit diente allerdings ein nicht ganz geeigneter, weil zu kleiner Apparat: ein an beiden Enden konisch zugespitzter Cylinder von weissgemaltem Blech, dessen Länge nur 40 cm, bei 30 cm Durchmesser, betrug. Aber unter einander sind die beim Versenken dieses Körpers erhaltenen Sichttiefen sehr wohl vergleichbar. Die Farbenbezeichnungen lassen sich in der Weise genähert der Forel'schen Skala einordnen, dass alle blauen Töne (azurblau, hellblau, tiefblau, dunkelblau) = 0 bis 2; die »entfärbt blauen« (bezw. »entfärbt hellblau« etc.) = 2—5; die »blaugrünen« = 5—9, die »grünen« = 9—20 der Forel'schen Skala gesetzt werden mögen. Einmal (Nr. 85 des Originalverzeichnisses) ist die Bestimmung der Sichttiefe durch sehr bewegte See misslungen; ein zweites Mal (Nr. 29) ist die Wasserfarbe als »graublau« bezeichnet, also anscheinend »missfärbig«. Scheiden wir diese beiden Fälle aus, so bleiben 87 gute Beobachtungen, wobei ausser Wasserfarbe und Sichttiefe auch das specifische Gewicht und die Temperatur des Oberflächenwassers angegeben sind. Die Beziehungen zwischen Sichttiefe und Farbe sind nun aus der nachstehenden Tabelle zu ersehen, wobei die theoretisch gewonnene Regel durchaus

Farbe	nach Forels Skala	Zahl der Fälle mit Sichttiefen von					Gesammtzahl aller Fälle	Mittel sämmtlicher Sichttiefen
		40 m und mehr	30 m und mehr	25 m und mehr	20 m und mehr	unter 15 m		
blau	0—2	7	25	43	53	3	66	26.7
entfärbt blau . .	2—5	0	1	4	6	1	9	23.2
grünblau	5—9	0	0	1	2	5	8	16.2
grün	9—20	0	0	0	1	3	4	15.8

Bestätigung erfährt, gleichviel, welche der sechs hierher gehörigen Kolumnen wir auch befragen mögen. Die grössten Sichttiefen gehören nur dem reinen Blau an; die geringsten vorzugsweise

den grünen, wo $^3/_4$ der allerdings nur wenig zahlreichen Versuche unter 15 m Sichttiefe ergaben. Dass die Abnahme der Durchsichtigkeit mit einer Zunahme der grünen Färbung verbunden war, ist auch dem Bearbeiter des GAZELLE-Berichts nicht entgangen. (**25**, 23, 26—37.) Zur speciellen Ergänzung unsrer Angaben über das Verhalten des grünen Wassers am Aequator mag noch folgender Auszug aus den Beobachtungen der GAZELLE-Expedition hier folgen, wobei auch auf Oberflächentemperatur und Salzgehalt (in Promille) Bezug genommen ist. Die

Station	Tag (1874)	Br.	W. Lg.	Farbe	Sichttiefe	Temperatur	Salzgehalt
		° ′	° ′		m	°	
22	10. August	3 30 N.	10 2	azurblau	$25^1/_2$	24.7	35.1
24	12. »	0 39 »	13 15	etwas entfärbt grünlich	22	23.6	35.4
25	13. »	0 56 S.	14 23	entfärbt grünblau	14	21.7	35.9
26	15. »	4 9 »	15 4	grünblau	$14^1/_2$	21.9	36.2
27	17. »	7 45 »	14 43	tiefblau	22	23.4	35.8

Beleuchtungsverhältnisse waren an allen fünf Tagen gleicherweise günstig. Die Abnahme der Durchsichtigkeit im grüneren Wasser (Station 25 und 26) ist ganz unzweifelhaft und auffällig.

Bei einer frühern Gelegenheit habe ich bereits versucht (**58**) die verwickelten Bedingungen darzulegen, von denen die Durchsichtigkeit des Seewassers abhängig scheint. Unsre Kenntnisse davon sind noch sehr lückenhaft und fast durchweg hypothetisch, da vielfach nur Untersuchungen an destillirtem Wasser Fingerzeige geben, um darnach die im Allgemeinen analogen Vorgänge im Seewasser sich klar zu machen.

Die Durchsichtigkeit des Wassers ist darnach zunächst abhängig von der Temperatur. Nach Wild wird weisses Licht in destillirtem Wasser schwächer absorbirt, wenn die Temperatur erniedrigt wird. In kaltes Wasser wird demnach alles Licht tiefer eindringen können als in wärmeres. Wie aber diese Absorption auf die einzelnen Farbenbestandtheile des weissen Lichts einwirkt, ob das rothe Ende des Spektrums etwa langsamer absorbirt wird im kalten Wasser als im warmen, das ist noch nicht festgestellt. Diese Thatsache ist also für die Erklärung der Farbenverhältnisse zur Zeit noch nicht fruchtbar zu machen.

Zum zweiten ist die Durchsichtigkeit des Wassers unzweifelhaft abhängig vom Salzgehalt, denn dieser sucht die darin suspendirte Trübung abzuscheiden. Es sind das molekulare Processe von dunkler Natur, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Die zahlreichen Untersuchungen darüber hat J. Thoulet (**59**) kürzlich zusammengestellt, wobei leider verschwiegen ist, dass es sich auch hier wieder einmal um eine ursprünglich deutsche (**60**) Entdeckung handelt. Thoulet bestätigt durch eigene Experimente, dass schon ein schwacher Zusatz von Seewasser zu destillirtem Wasser die feinste Trübung schnell zum Niederschlag bringt, während sie ohne das sich monatelang schwebend erhalten kann. Doch steigert sich diese abscheidende Wirkung nicht etwa einfach proportional der Zunahme des Salzgehalts: nach Thoulet ist sie bei 2.7 Promille Salzgehalt fast genau ebenso kräftig wie bei Seewasser aus dem Kanal mit 33.7 Promille. Soweit also in der Nähe der Küsten das Land- und Flusswasser stark aussüssend sich geltend macht, wird es auch die mitgeführten Sedimente, wenigstens die feinste Trübung, schwebend erhalten können. Bei Zunahme des Salzgehalts über 3 Promille

wird die schnelle Abscheidung der Trübe beginnen. Handelt es sich um flaches Küstenwasser, so kann Wellenschlag und Gezeitenstrom sie auch dann am Boden nicht zu Ruhe kommen lassen, was leicht die starke Trübung aller Flachwassergründe erklärt. Es fragt sich nun, ob die schwachen Salzgehaltsunterschiede des offnen Atlantischen Oceans die Wasserfarbe wesentlich durch stärkere oder geringere Kraft der Abscheidung beeinflussen können. Unser Befund auf der Neufundlandbank mit dem in der Farbe unmerklichen Uebergang zum Floridastrom spricht aber besonders deutlich gegen eine solche indirekte Einwirkung des Salzgehalts. Schon wenn man die Karte des Salzgehalts mit der der Meeresfarbe für das Gebiet der Sargassosee vergleicht, so sieht man doch auf den ersten Blick, dass das Maximum des Salzgehalts keineswegs mit der grössten Intensität und Reinheit des Blau zusammenfällt.

Bekanntlich hat aber seinerzeit der Kommandant der Gazelle, freilich im Anfang der Reise, als noch nicht viel Beobachtungen vorlagen, eine solche Einwirkung des Salzgehalts behauptet: auf der Fahrt von Ascension nach der Kongomündung und von da nach Kapstadt im westlichen Bogen durch den Südostpassat, wollte v. Schleinitz bemerkt haben, dass einer Zunahme des Salzgehalts auch eine Zunahme der blauen Farbe entspräche. Schon Kapitänlieutenant Rottok, der Bearbeiter des oben erwähnten Berichts über die Gazelle-Expedition, hat dem gegenüber betont, dass »aus den vorliegenden Beobachtungen sich so bestimmte Schlüsse nicht ziehen lassen«, und das wird jeder bestätigen, der sich die Mühe nimmt, die Beziehungen zwischen Durchsichtigkeit, Farbe und Salzgehalt an den schon oben benutzten 87 Stationen der Gazelle zu vergleichen. Die »azurblaue« Farbe wird für 29 Stationen erwähnt: darunter sind 11, wo der Salzgehalt den normal oceanischen von 35.5 Promille nicht erreicht. Unter den 33 Stationen »tiefblauen« oder »dunkelblauen« Wassers haben 11, unter 14 Stationen mit »hellblauem« Wasser haben 5 nur 35.5 Promille Salzgehalt und weniger bis zu 33.1 herunter! Und die zweitgrösste Sichttiefe (von 45.5 m) der ganzen Fahrt findet sich bei einem Salzgehalt von nur 35.7 Promille. Der hohe Salzgehalt allein hat also die entscheidende Wirkung gewiss nicht.

Die Abscheidung der feinsten Trübe im Wasser ist ausserdem aber auch abhängig von der Temperatur: nach Thoulets noch nicht ganz ausreichenden Beobachtungen (er arbeitete nur bei Temperaturen zwischen 52° und 66.5°, die in den irdischen Meeren nirgends vorkommen) ist die Abscheidung in wärmerem Wasser ganz merklich schneller und ergiebiger als in kälterem, was auch schon ältere Versuche, besonders von Brewer (**61**) ergeben hatten. Dies ist entschieden von der grössten Wichtigkeit für die Farbenverhältnisse: in kalten Meeren kann sich die Trübung länger erhalten, und ihre lichtreflektirende Eigenschaft geltend machen, als in den tropisch warmen, wo bei der schnellen Abnahme der Temperatur mit der Tiefe (oft 18° in den ersten 500 m) erst die untern Schichten die Abscheidung verlangsamen. Steigt solches Tiefenwasser auf, so bringt es mit der niedrigen Temperatur zugleich auch etwas mehr Trübung mit an die Oberfläche, jedenfalls hat es eine geringere Fähigkeit, wenn neue Trübung hinzukommt, sie abzuscheiden, und überdies wirkt es mit seiner vertikal aufsteigenden Bewegung selbst der Schwerkraft, also dem Versinken der Theilchen, entgegen. Dies erklärt vortrefflich, warum an den tropischen Küsten das unter Wirkung des Windstaus aufgesogene sogen. Auf-

triebwasser regelmässig grüner ist, als die Tropensee, ja in einzelnen Fällen als »ostseegrün«, »flaschengrün«, »tief dunkelgrün«, »beinahe schwarz« beschrieben wird. In der Auftriebzone entlang der peruanischen Küste hat Kapitän z. S. Mensing, als Kommandant von S. M. S. Prinz Adalbert im März 1885 diese Erscheinung besonders scharf beschrieben (**62**). Er fand nämlich, dass die peruanische Strömung in ihrem kalten Auftriebgebiete an der Küste »ostseegrün«, im westlicheren wärmeren dagegen »azurblau« gefärbt war; die obere Temperaturgrenze für die grüne Färbung und untere für die blaue war anscheinend zwischen 18° und 21° zu suchen. »Hiernach urtheilend, konnte schliesslich schon vor dem Messen, allein an der Färbung des Wassers ungefähr auf Grade genau die Temperatur desselben angegeben werden«. Wo, wie an der Küste des Somalilandes, nur in unsern Sommermonaten der Südwestmonsun kaltes Wasser aus der Tiefe aufsaugt, ist die grüne Färbung auch nur ebenso lange vorhanden; in unserm Winter, im Nordostmonsun, ist das Wasser an der Küste dort ebenso normal tropisch blau, wie das ganze Jahr bei Sansibar. — Auch um die grüneren Nüancen im äquatorialen Atlantischen Ocean, die wir am 7. und 8. September 1889 angetroffen haben (s. oben S. 94 und 101), zu erklären, wird man diesen Punkt im Auge behalten müssen: auch hier handelt es sich theilweise um aus der Tiefe heraufquellendes kaltes Auftriebwasser.

Ebenso wird man in den nordischen Gewässern von niedriger Temperatur die grüneren Farbentöne nunmehr verständlicher finden.

Ziehen wir aber auch hier die Beobachtungen der Gazelle heran, so zeigt sich, dass den Temperaturen, bei allem Einfluss, den man ihnen zugestehen mag, doch die entscheidende Rolle in der Wasserfärbung nicht zufällt. Allerdings sind es vorzugsweise die tropisch-warmen Gewässer, denen im Verzeichniss der Gazelle die Bezeichnung »azurblau« zugesprochen wird: aber unter diesen 29 Fällen geht die Temperatur der Wasseroberfläche doch drei Mal unter 15° herunter, einmal (nördlich von der Prinz Edward-Insel im südlichen Indischen Ocean) sogar bis auf 6.0° bei 34.2 Promille Salzgehalt. In ähnlich hohen südlichen Breiten kommen Wassertemperaturen von 5.2° und 5.3° mit der Farbe »hellblau«, 5.8° und 12.5° mit »tiefblau« und »dunkelblau« vor. Dazu kommen noch unsre eigenen Beobachtungen, die über der kalten Neufundlandbank und im Labradorstrom südlich davon eine sehr bedeutende Beimengung von Blau ergeben haben. Wie weit wir aber noch von einer erschöpfenden Lösung des Problems entfernt sind, beweist, abgesehen von allem eben Gesagten noch die eine Thatsache, dass wir auch Süsswasserseen von merkwürdig reinem Blau, aber von niedriger Temperatur kennen, wie z. B. den Achensee oder auch den Genfer See. Hier sollte also die molekulare Eigenschaft des nicht salzigen Wassers, die Trübung der Schwerkraft entgegen schwebend zu erhalten, unbehindert zur Geltung kommen, und grüne Farbentöne erwarten lassen.

Angesichts solcher Schwierigkeiten hat man an Färbung des Wassers durch beigemengte, aber gelöste oder in der Lösung begriffene Substanzen gedacht. Mit einer Kritik dieser Vorstellungen hat sich Spring (**63**) wohl am Eingehendsten beschäftigt, wenn er sich dabei auch fast ausschliesslich auf Süsswasserseen beschränkt. Schon 1848 hat Saint-Claire-Deville (**64**) durch Eindampfen von Wasserproben aus verschieden gefärbten Seen gezeigt, dass die bläulichen Gewässer der Schweiz und des Jura einen weissen Rückstand geben, die grünen aber,

insbesondre der Rhein und Doubs, einen gelben: diese aus den Flüssen herrührenden Wasserproben besassen einen merklichen Gehalt von organischen Substanzen, der diese Färbung beim Eindampfen veranlasste. Noch weiter ist Wittstein (**65**) gegangen. Nach seinen Experimenten wäre der Verdampfungsrückstand der meisten irdischen Gewässer nach dem Glühen fast vollkommen weiss; kommt eine Färbung darin vor, so beruht sie auf minimalen Spuren von Metalloxyden, so Eisenoxyd oder Mangan. Der Gehalt an solchen aufgelösten Metalloxyden ist aber so geringfügig, dass die betreffenden Wasser davon unmöglich eine Farbe erhalten können. Nach Wittstein soll nun die durch die Alkalien des Wassers aufgelöste Humussäure, also eine Beimengung organischen Ursprungs (aus vermoderten Pflanzenresten) nicht nur die tiefbraune Färbung gewisser Moor- und Sumpfgewässer oder der kaffeebraunen Zuflüsse des Amazonenstroms (Rio Negro etc.) zustande bringen, sondern auch in geringeren Beimengungen, also starker Verdünnung die eigentliche blaue Farbe des Wassers in eine blaugrüne oder grüne umwandeln. Spring verwirft nun diese ganze Auffassung, weil unter den von Wittstein beigebrachten Analysen einige in der Technik anfechtbare sich befänden und ausserdem die Ansicht Wittsteins, dass die an Alkalien reicheren Gewässer auch einen grössern Humingehalt zeigten, aus seinen Tabellen sich nicht bestätige. Dem letzten Einwand gegenüber ist aber immer daran festzuhalten, dass es zunächst auf den örtlichen Reichthum an vermodernder Pflanzensubstanz überhaupt ankommt, der den betreffenden fliessenden Gewässern dargeboten ist: in unsern Mooren und den daraus hervorkommenden Bächen ist unzweifelhaft braunes Wasser, ebenso in den von Wittstein untersuchten Waldbächen. Da aber die Huminsubstanzen zu den chemisch noch wenig bekannten gehören, kann man nicht wissen, ob neben dem Reichthum an Alkalien nicht auch noch verschiedene andre Beimengungen im Wasser hinzukommen müssen, um die Auflösung zu begünstigen. Für einige bestimmte Fälle wird man also doch wohl nach Wittsteins Erklärung das, was für die Farbe massgebend ist, richtig in den Huminverbindungen suchen dürfen. Aber zu einer Verallgemeinerung seiner Theorie braucht man sich darum nicht zu entschliessen.

Wichtiger und für die Lösung des Problems bedeutungsvoller sind die eigenen Untersuchungen Springs. Im durchfallenden Licht zeigt destillirtes Wasser in 5 m langer Röhre nur dann eine himmelblaue Farbe, wenn es möglichst rein, d. h. ganz frisch und mehrfach destillirt ist. Abgestandenes, mehrere Tage in der Röhre gelassenes Wasser erscheint grün, was Spring dem Auftreten von kleinen Organismen zuschreibt. Tötet man diese Mikro-Organismen durch einen nur ganz schwachen Zusatz von Sublimat, das an sich die Farbe des frisch destillirten Wassers nicht verändert, so erscheint auch solch' altes Wasser wieder schön himmelblau. Wird nach einer gewissen hier zu übergehenden Methode fein gepulverter Kalk dem Wasser in der Röhre beigemengt, so dringt das Licht erst nach einigen Tagen hindurch, nachdem ein kalkiger Niederschlag sich abzuscheiden begonnen hat. Ist schliesslich (nach 12 Tagen) das Wasser einigermassen abgeklärt, so zeigt es eine grünliche Färbung. Je nachdem nun hierbei ausser der mechanischen Abscheidung des Kalkpulvers auch eine schwächere oder kräftigere Auflösung von Kalk im Wasser erfolgt, desto mehr nähert sich die Farbe dem Blau: d. h. desto stärker wird das rothe Ende des Spektrums absorbirt. Wasser, das in der

Natur über feinem Kalkdetritus liegt, vermöchte also darnach grüne Färbungen zu erzeugen, wobei man an unsre Beobachtungen auf den Korallenbänken von Bermudas denken könnte. Doch bietet sich hier als bei Weitem einfachere Erklärung die geringe Wassertiefe überhaupt dar (s. oben S. 99). — Feine Thontheilchen bleiben nach Springs Ausdruck in destillirtem Wasser in scheinbarer »Emulsion« lange schwebend; werden sie durch hinzukommenden Salzgehalt abgeschieden, so soll das Wasser eine rein blaue Farbe erhalten: wofür indess keine experimentellen Beweise mitgetheilt werden. Aber man sieht, wie der Uebergang von mechanisch beigemengter Trübung zur mehr oder weniger ergiebigen Lösung der suspendirten Theilchen doch nicht ohne wesentlichen Einfluss auf die Färbung der Landwasser sein wird. Hier kommt es offenbar auf die Vergesellschaftung, das Ensemble der verschiedenen in den betreffenden See als feinste Trübe eingeschwemmten Substanzen an; was nur durch Experimente näher festgestellt werden könnte.

Einer Anwendung derselben Vorgänge auf das Seewasser steht nun die sehr wesentliche Schwierigkeit gegenüber, dass Seewasser bei Weitem nicht so leicht und willig Kalk-, Kiesel- oder Thontheilchen zu lösen vermag, wie destillirtes Wasser[1]). Darüber hat auch J. Thoulet (**66**) noch neuerdings sehr interessante Untersuchungen veröffentlicht, wonach sich ergiebt, dass Süsswasser in der gleichen Zeit 8 Mal soviel Volumina von fein gepulvertem Bimstein, 60 Mal soviel von Muschelschaalen, 30 Mal soviel von Globigerinenschaalen löst, als Seewasser es vermag. So wird in den irdischen Meeren die molekulare Abscheidung der feinsten Trübe erheblich wirksamer sein als die allmähliche Lösung, wenn diese auch nicht ganz fehlen wird. Jedenfalls sind diese Lösungsprocesse für das Seewasser doch nur von untergeordneter Bedeutung. —

Wenn uns die so beendete theoretische Untersuchung manchen wichtigen Gesichtspunkt eröffnet hat, so sind wir doch, wie man gesehen hat, von einer befriedigenden allgemeinen Lösung des Problems der Meeresfarbe noch ziemlich weit entfernt.

Es giebt aber noch einige, mehr geographische Gesichtspunkte, die bei der rein physikalischen Behandlung des Gegenstandes noch nicht zur gebührenden Geltung gelangen konnten. Unbeachtet sind nämlich bisher geblieben die Schicksale, die das Wasser auf seinem Kreislauf in dem Zuge der Meeresströmungen erfahren hat, also nicht nur die Nachwirkungen früherer Landnähe, sondern auch die hier und da vorhandene, nicht unwirksame vertikale Komponente ihrer Bewegung. Auf diese werden wir ebenso sehr unser Augenmerk richten müssen, wie auf die ebenfalls nur örtlich wirksamen Einflüsse meteorologischer Art.

Das blauste Wasser zeigt nach der Karte die Sargassosee. Es ist zugleich das durchsichtigste, denn beim langen und gemächlichen Strom, der es aus dem Golfstrom und dem nördlichen Aequatorialstrom herbeiführt, hat die molekulare Kraft des Seewassers die Trübung durchgreifend abscheiden können. Ausserdem aber ist das blauste Wasser auch fast das salzigste: die starke Verdunstung bewirkt, dass trotz der hohen Temperatur die Oberflächenschichten stetig nach der Tiefe hin absinken, um leichterem Wasser Platz zu machen. Beide

[1]) In den Meeren kommt bei diesen Lösungsvorgängen der variable Gehalt an Kohlensäure freilich sehr wesentlich mit in Betracht.

Umstände, dieses Absinken und der lange Weg unter den Tropen, machen das Wasser der Sargassosee zum bestdurchwärmten des ganzen Atlantischen Gebiets. Andrerseits giebt sogar der Gegensatz von salzreicher Mitte und salzärmerem Küstenrand eine gewisse Tendenz zu einem vertikalen Ausgleich zwischen Hochsee und Küste: am Rande hat das Wasser die Neigung aufzusteigen, in der Hochseemitte aber sinkt das schwerere Wasser zur Tiefe. Auch das muss die Abscheidung feinster Trübe in den centralen, salzreichen Gebieten der atlantischen Strömungskreise begünstigen. Dass diese in normalen Zeiten blaues Wasser zeigen, ist darnach wohl verständlich. — Die gelegentlich vorkommenden, ganz ephemeren grünen Flecke haben dann auch nur vorübergehend wirksame Ursachen: soweit diese Missfärbungen nicht Massenwucherungen des Planktons sind, können sie wohl etwa in örtlich umschriebenen aufsteigenden Bewegungen des Wassers beruhen, die durch entgegengesetzte Windrichtungen zustande gebracht werden nach demselben Schema (**28**), wie es der äquatorialen Kaltwasserinsel zukommt.

Im Norden des Atlantischen Oceans wird der Gegensatz zwischen dem Westen und Osten eine Erklärung verlangen. Zwischen Neufundland und Grönland ist das Wasser um 6 Skalengrade gelber als zwischen Grönland und Schottland. Ich meine, dass die Eisverhältnisse hier zur Erklärung beitragen helfen. Das Treibeis des Labradorstroms enthält mannigfache Trübungen: wie die sehr werthvollen Untersuchungen von Hugh Rodman (**67**) ergeben haben, ist es besonders das dem flachen Küstengebiet entstammende Feldeis, aus dem mannigfache Trübung dem Seewasser beim Schmelzen zugefügt werden kann. Auch wir sahen die vielgestaltigen Trümmer des Treibeises im Ostgrönlandstrom mehrfach gelblich-trüb gefärbt. Je reicher an derartigen, sei es erdig getrübten, sei es durch eingefrorene Diatomeen gefärbten Schollen das Treibeis, und je kälter das Wasser dabei ist, desto langsamer wird die Trübung abgeschieden. Das mag wohl den normalen Gegensatz zwischen dem grünen Labradorstrom und dem blauen Floridastrom erklären. Der Frühsommer des Jahres 1889 war nun entschieden wenig eisreich, wie ja eisarme und eisreiche Jahre hier in unregelmässiger Folge einander ablösen; 1890 war bekanntlich das an Treibeis reichste Jahr, seitdem eine Dampfschifffahrt nach Nordamerika besteht. Desshalb mag vielleicht das Wasser des Labradorstroms, als der National es Ende Juli auf der Neufundlandbank durchschnitt, nur wenig glaciale Trübung abzuscheiden gehabt haben. Daher die starke und südwärts zunehmende Bläue.

Andrerseits ist der Nordatlantische Ocean westlich von den britischen Inseln mit solchem Wasser erfüllt, das als Mischung von tropischem aus dem Floridastrom und glacialem aus dem Labradorstrom gelten kann. Ist doch eine unsrer Flaschenposten, am 29. Juli 1889 in 50° 40′ N. Br., 47° 22′ W. L., also recht im Labradorstrom, ausgesetzt, am 4. Februar 1890 an der schottischen Westküste auf der Insel Skye, bei Point of Sleat (57° 2′ N., 6° 1′ W.) angetrieben, während zahlreiche andre Triften aus dem Floridastrom nach Schottland, den Faröer und Norwegen längst bekannt sind. Dieser Mischung mit glacialem Wasser mag vielleicht theilweise die Beimengung von Gelb (hier 9 Procent gegen 2—3 weiter stromaufwärts im Floridastrom) zuzuschreiben sein. Dazu kommen noch meteorologische Einwirkungen im gleichen Sinne: reichliche Niederschläge bei geringer Verdunstung, die aussüssend auf die Oberfläche einwirken (vgl. die Karte des Salzgehalts) und ausserdem die Abkühlung durch die höhern

Breiten, wodurch die Fähigkeit, Trübungen abzuscheiden, sich fortschreitend nach Nordosten hin vermindert.

Eine andre Thatsache von geographischer Bedeutung ist in der mineralogischen Beschaffenheit der Uferränder des Wassers gegeben. Hierüber ist einstweilen gar wenig positives beizubringen, da der Gegenstand noch nicht näher untersucht ist. Doch wird es hierbei, was leicht einzusehen, sowohl auf die Löslichkeit der von der Strandbrandung abgesprengten Mineraltheile, als auch auf Korngrösse und Farbe ankommen. Thonige Theilchen halten sich länger schwebend als kieselige, sie lösen sich auch leichter und erfüllen das Wasser mit einer gelben Trübung: daher sie die Küstengewässer auch bei grösseren Wassertiefen als in unsrer Ostsee grün machen. Dass das gelbe Meer von dem massenhaft durch den Hwang-Ho (den gelben Strom) eingeschwemmten Löss seine Farbe erhalten hat, ist wohl bekannt genug. Aehnlich grünfärbend, wie Thon in verdünnter Emulsion, muss gelblicher Sand wirken. Feine Kalktheilchen dagegen werden, wenn sie ganz rein weiss sind, ein besonders brillantes Blau liefern. Solches will denn auch John Aitken (**54**) an den kalksteinumgrenzten Buchten von Mentone gefunden haben, während schon bei Cannes, wo der Kalk nur spärlich vorkommt, diese Brillanz nicht mehr vorhanden sei. Krystallinische Schiefer und Massengesteine werden dunkler gefärbte Theilchen liefern (das Bodensediment in ihrer Nähe pflegt blaugrau bis grün zu sein), die dann mehr ein Blaugrün als ein reines Grün zustande bringen können. Solche Trübungen sind es wesentlich, die durch das Treibeis des Ostgrönland- und Labradorstroms in den höhern Breiten des Nordatlantischen Oceans auftreten. Auch in den höchsten südlichen Breiten herrscht trotz niedriger Temperatur und geringem Salzgehalt des Wassers nach den vorliegenden Angaben der Gazelle, wie den ältern von James Clark Ross (**68**) doch die hellblaue Farbe vor: hier werden also wesentlich weisse Schwebstoffe lichtreflektirend im Wasser auftreten, die von den antarktischen Eisbergen herrühren mögen. Aber sie können überhaupt nur spärlich vorhanden sein, sonst würden sie das Wasser gewiss grün erscheinen lassen. So sind in der That nach den von Dr. Hartmann (**69**) kürzlich gegebenen Zusammenstellungen erdig oder sonstwie gefärbte Eisschollen oder -Berge in den antarktischen Breiten unvergleichlich viel seltener als im hohen Norden der Erde, wo sich Land und Wasser so innig durchdringen. Doch ist, wie gesagt, diese Seite des Problems trotz aller Wichtigkeit noch recht wenig studirt.

Besser unterrichtet sind wir aber über die Natur vieler der auffälligen und abnormen sogen. »Missfärbungen«: sie beruhen grösstentheils auf einer örtlichen, massenhaften Zusammenschaarung des Planktons, vielfach also auf den mechanisch noch räthselhaften sogen. Thierströmen (*correnti* in Neapel, *zaïn* auf Lanzarote).

Bei früheren Gelegenheiten ist der blutrothen Färbung bereits gedacht worden, die wir am 29. Juli Nachmittags und Abends im Labradorstrom beobachtet haben und die lediglich durch Wolken von röthlichen Kopepoden (*Calanus finmarchicus*) gebildet wurde. Diese »Blutstreifen« oder diese »blutige See« ist eine auch sonst öfter bemerkte Erscheinung. Zuerst hat sie, soweit ich sehe, Bernhard Varenius erwähnt, der in seiner 1650 erschienenen Allgemeinen Geographie (**70**) sagt: dass die Holländer bei ihrem ersten Vordringen zur Magellan-

strasse auf der Höhe der Laplatamündung am 12. Januar 1599 das Meer blutroth erblickt hätten; als sie nun einen Eimer voll Seewasser aufschlugen und untersuchten, wäre eine unzählige Menge kleiner Würmchen darin gewesen, von rother Farbe, und auf der Handfläche nach Art der Flöhe hierhin und dorthin hüpfend, von der Art, die die Schiffer Seeflöhe nennten und die, wie Einige meinten, von den Walfischen zu gewissen Jahreszeiten ausgespieen würden, während sie Andre auf kleine Krebschen zurückführten, die sie von den Küsten des südlichen Festlandes in Massen kannten, wo sie das Wasser blutroth machten. In der That berichtet auch James Clark Ross (**68**, 380) aus der St. Martinsbucht des Feuerlands: »Eines Abends war das Wasser in der Bucht ganz hellroth gefärbt; bei näherer Untersuchung zeigte sich, dass die Ursache dieser ungewöhnlichen Färbung eine ungeheure Menge kleiner Krebse war, die mit ihren zahllosen Jungen, die zuerst in der Masse nicht zu unterscheiden waren, wahrscheinlich von dem süssen Wasser, das sich im Hintergrunde der Bucht in einem Strom ins Meer ergoss, hierher gelockt waren.«[1]) Hinzugefügt mag diesen Beispielen noch werden, dass das kalifornische Randmeer seinen Namen *mar vermejo* (rothes Meer) höchst wahrscheinlich von den dort gelegentlich zu Myriaden auftretenden rothen Krustaceen erhalten hat (**71**).

Andre Färbungen werden durch andre Thiere hervorgebracht: so berichtet die Gazelle-Expedition aus dem Pacifischen Ocean (31° S. Br., 177° O. Lg.), dass das Schiff in Lee an mehreren grünen Stellen vorbei gekommen wäre, die genau diejenige Färbung zeigten, wie sie durch das Durchscheinen von Korallenriffen erzeugt wird. Lotungen ergaben bei zwei näher untersuchten Stellen auf 180 und 140 m keinen Grund. »Das grünliche Wasser sah innerhalb der Stellen aus, als quelle eine ölige Flüssigkeit von unten herauf«. Geschöpftes Wasser enthielt »eine grosse Anzahl von kleinen glashellen kugeligen Salpen, die, zu zweireihigen Ketten von je 7 Individuen zusammengeheftet, sich durch gleichzeitige Zusammenziehung und Ausdehnung in beständiger ziemlich rascher Bewegung befanden. Ausser dieser Salpe war im Wasser noch eine andre, sehr grosse, ziemlich zahlreich vertreten, die indess nicht die Ursache für die grüne Wasserfärbung abgab, weil diese sich auch in dem benachbarten Wasser, welches die gewöhnliche dunkelblaue Farbe hatte und ebenfalls untersucht wurde, befand«. Nahe bei diesen grünen Stellen, deren im Ganzen 10 gezählt wurden, lotete v. Schleinitz darauf 4150 m Tiefe. »Die Erscheinung verdient Beachtung«, sagt derselbe weiter, »weil sie geeignet ist, eine Erklärung dafür zu geben, dass so häufig von Kauffahrteischiffen berichtet wird, sie wären über ein Riff von scheinbar soundsoviel Wasser gesegelt oder in der Nähe passirt, welche Riffe dann vergeblich gesucht werden.«

Ebenfalls durch pelagische Thiere waren gelbe Stellen im Wasser südlich vom Kapland veranlasst: Kapitän Bonnhorst von der deutschen Bark Capella berichtet darüber an die Seewarte (**72**): »am 8. Januar 1883, auf 40° 23′ S. Br., 24° 31′ O. L. sahen wir mehrere grosse gelbliche Flächen auf dem Meere; bei genauer Untersuchung zeigte sich, dass sie durch Quallen von 1 cm Länge und 4 mm Breite hervorgerufen wurden, deren Köpfe eine gelbliche Farbe

[1]) In den südlichen Meeren gelten den Seeleuten diese rothen Kopepodenschaaren als Walfischfutter. Vgl. Ann. der Hydrogr. 1892, S. 182.

hatten. Dieselbe Erscheinung wiederholte sich am 20. Januar auf ungefähr 40° 20′ S. Br., 63° 15′ O. L.« Missfärbungen aller Art sind auch im südatlantischen Aequatorialstrom durch solche Thierschaaren veranlasst, wofür die Auszüge aus englischen Schiffstagebüchern in der bekannten Veröffentlichung über die neun Zehngradfelder zwischen 20° N. Br. und 10° S. Br. mehrfache Belege bieten (**73**).

Doch nicht nur Massenwucherungen der kleinen Planktonthiere, auch solche der mikroskopischen Hochseepflanzen geben absonderliche Verfärbungen der Meeresoberfläche. Dass die olivgrünen Streifen und Flecke, die wir im Ostgrönlandstrom fanden, mit dem gleichzeitigen Vorkommen von dichten Diatomeenschwärmen im Zusammenhang stehen, ist weder uns entgangen noch war Aehnliches vorher unbekannt. Nach Robert Brown nämlich beruhen ebenso die zuerst von Hudson (1607) und seitdem von allen Walfängern erwähnten olivgrünen Streifen des Nordmeers westlich von Jan Mayen wesentlich auf Diatomeen (**74**). Aus den antarktischen Meeren beschrieb J. C. Ross (**68**, 310, 393 etc.) die dort massenhaft ganz nahe am Packeis sich haltenden rostfarbenen Diatomeen, die das Meer bräunten und deren Kieselgerüste den Meeresboden mit einem gelblichen Schlamm bedecken. Schon Ehrenberg hat die rothen »Blutstreifen«, die von den Seefahrern aus dem Rothen und Arabischen Meer beschrieben worden sind, auf Massenvermehrung einer braunen Alge (*Trichodesmium erythraeum*, aus der Familie der Oscillarien) zurückgeführt. Rothe Streifen sind auch im Hafen von Sydney kürzlich erst aufgetreten und als Schaaren von Peridineen *(Glenodinium)* erkannt worden (**75**). Ganz absonderliche gelbe Färbungen scheinen öfter in der Arafurasee vorzukommen und auf Wucherungen von gelbbraunen Algen zu beruhen; aus dem Jahre 1885 werden sie dort sowohl von S. M. S. Stosch, wie ein halbes Jahr später von S. M. S. Marie, beschrieben (**76**). Gelbe Streifen werden von einem andern deutschen Kriegsschiff im ostchinesischen Meer erwähnt, die durch »Samenkapseln von Pflanzen, vermischt mit einzelnen langen Gräsern und Seetang« erzeugt waren[1]).

Aber diese Frage nach den Ursachen der »Verfärbungen« führt uns noch weiter. Wie F. Schütt an andrer Stelle dieses Werkes (A, 313, auch 35) schon ausgeführt hat, muss das vegetabilische Plankton überhaupt von Einfluss auf die Wasserfarbe sein. Die Chromatophoren der Hochseepflanzen sind durchweg gelb gefärbt, in Nüancen zwischen grüngelb und braungelb. Wo sie dem Wasser reichlich und dicht beigemengt sind, werden sie dessen ursprüngliche blaue Farbe nach Grün hin verändern, sodass Schütt zu dem Ausspruch gelangt: »blau ist die Wüstenfarbe der Meere.« Auch wo Pflanzen oder Thiere wenig oder garnicht gefärbt sind (die meisten Planktonthiere sind glashell und im frisch aufgeschöpften Wasser zuerst kaum zu unterscheiden) werden sie auf die Wasserfarbe einwirken, sobald sie nur massenhaft die obern Schichten erfüllen: das schon hier von ihnen reflektirte Licht besitzt noch ziemlich unverkürzt seine gelben und orangerothen Bestandtheile, sodass die entstehende Färbung dann grünblau oder grün werden wird. So sind in vielen Fällen, wie schon Freiherr v. Schleinitz es aus-

[1]) Während diese Zeilen gedruckt wurden, hat die Untersuchung der Planktonfänge aus der Parámündung erstaunlich grosse Massen einer Diatomeenform *Coscinodiscus* ergeben, deren in der Wasserprobe sich abscheidende Schalen Sandmassen vortäuschen, und die wesentlich dazu beigetragen haben dürften, das Wasser in und vor der Mündung trübe und dick erscheinen zu lassen (vgl. A, S. 213).

gesprochen hat, Unterschiede der Durchsichtigkeit und Schwankungen in der normalen Farbe unzweifelhaft auf grössere oder geringere Beimengungen dieser kleinen pelagischen Lebewesen zurückzuführen. Wie weit eine Proportionalität zwischen dem Quantum der Planktonpflanzen und -Thiere und der mehr oder weniger grünen Farbe des Oceans vorhanden ist, dürfte sich bei weiterm Fortschreiten der Planktonuntersuchungen wohl später einmal entscheiden lassen, wobei es namentlich auf die Befunde in den grünen Stellen des südlichen Aequatorialstroms ankommen wird. Darum soll dieses Problem uns im Schlussbande des ganzen Werkes, von dieser Seite aus beleuchtet, noch einmal beschäftigen. Es sei nur noch darauf hingewiesen, dass auch das kalte aus der Tiefe aufsteigende Wasser der Westküste Nordafrikas von J. Y. Buchanan nicht nur als grün beschrieben (**78**), sondern als Ursache dieser Färbung gradezu ein reichlicher Gehalt von »Chlorophyll« erwartet wird, der wahrscheinlich auf massenhaftem Vorkommen von Diatomeen beruhe, und die er sich submarin aus den hohen antarktischen Breiten hierher versetzt denkt. Auf diese kühne Hypothese hier ernstlich einzugehen, dürfen wir uns wohl versagen; auch sie muss sich aus den Schliessnetzbefunden irgendwie prüfen lassen.

§ 8. Beobachtungen an Wellen.

Mit besondrer Spannung habe ich, nachdem die Nordsee, und noch mehr, als der offne Ocean erreicht war, der Beobachtung der Meereswellen entgegen gesehen, deren Theorie und sonstige Eigenschaften mich einige Jahre vorher so eingehend beschäftigt hatten (**79**). In der Nordsee, wo ein kräftiger aber wirrer Seegang, wesentlich aus nördlichen Richtungen kommend, das Schiff gewaltig schlingern liess, konnte ich, während Neptun sein Opfer forderte, nur feststellen, dass die vorherrschende nördliche Dünung eine Periode von 7 Sekunden hatte. Wellenhöhen oder -Längen waren nicht genügend deutlich ausgeprägt, um sie zu messen. Nicht besser war es meist im Ocean, wo wir ja, für unsern Hauptzweck sehr erfreulich, aber diesen speciellen Zielen ungünstig, verhältnissmässig nur wenig starken und nur zwei oder drei Mal stürmischen Wind hatten. Endlich heimgekehrt und die kleine Liste meiner Wellenmaasse überschauend, konnte und kann ich nur die Ueberzeugung aussprechen, dass die Gelegenheiten, an Bord Wellen wirklich zu messen, keineswegs so häufig, keinesfalls aber so regelmässig geboten sind, wie ich mir vorher gedacht hatte. Diese nun als falsch erwiesene Vorstellung hatte ich wesentlich auf die Berichte des um Wellenbeobachtungen hoch verdienten französischen Lieutenants Pâris gegründet, namentlich auf seine Aussage, dass er auf einer mehrjährigen Reise nach den ostasiatischen Gewässern regelmässig jeden Tag die Wellen gemessen habe. Mir ist das nicht gelungen; ich kann aber versichern, dass es nicht an mir gelegen hat, sondern an den Wellen selbst. Ich gehe sogar weiter und sage, dass es mir unbegreiflich ist, wie Pâris täglich regelmässig hat Wellenmaasse in sein Tagebuch eintragen können. Es gewährt mir eine grosse Genugthuung, hinzufügen zu können, dass Dr. G. Schott genau zu demselben Urtheil über Pâris gelangt ist.

Wellen lassen sich meist nur dann messen, wenn sie regelmässig ausgebildet sind; gute Messungen sind nur zu erlangen, wo ein einziges Wellensystem die Meeresoberfläche beherrscht.

Und wie selten ist dies der Fall! Ich habe schon in der Reisebeschreibung bei verschiedenen Gelegenheiten auf die Komplicirtheit des Seegangs hingewiesen, die auf dem Ocean die Regel ist. Ein einheitliches Wellensystem setzt einen Wind von nicht geringer Kraft und tagelanger Dauer, wie möglichster Konstanz der Richtung voraus. Das aber ist ausserhalb der »strammen« Westwinde der hohen südlichen Breiten wohl selten sonst gegeben. Der Nordatlantische Ocean ist, wie ich in meiner Oceanographie gezeigt habe, fast ununterbrochen der Tummelplatz der verschiedensten Dünungen, und auch der schärfste Passat vermag diese nicht ganz zu verdrängen. Sobald es aber Interferenzen giebt, wird das Messen von Wellenperiode und -Länge eine sehr missliche Sache. Ich halte es für nöthig, diese Dinge kräftig zu betonen, da ein mit genügender Erfahrung zur See versehener ausgezeichneter Geophysiker, wie Professor Boergen, ganz besondre Hoffnungen in meine auf dem NATIONAL vorzunehmenden Wellenstudien gesetzt und sie leider auch ausgesprochen hat (**80**). Ich bedaure nur feststellen zu müssen, dass meine Sommerfahrt durch den Nordatlantischen Ocean mir nicht Gelegenheit geboten hat, in dieser Beziehung etwas Reichhaltiges zum Vorschein zu bringen.

Bei den nunmehr aufzuführenden[1]) meist von der Wellenperiode ausgehenden Messungen habe ich die erforderlichen Verbesserungen auf Fahrt und Kurs des Schiffes nach der bekannten Formel von Stokes angebracht, wo P die an Bord beobachtete Periode, v die Fahrt des Dampfers in m. p. s. und Θ den Kurswinkel (Kiel-Wellenrichtung, vgl. oben S. 10) bedeutet. Darnach ist die wahre Periode:

$$\tau = \frac{P}{2} + \sqrt{\left(\frac{P}{2}\right)^2 - \frac{2\pi}{g} P.v.\cos\Theta}.$$

1. Am 21. Juli, Abends 6 Uhr (in 59° 55′ N, 18° 50′ W) lief der Dampfer halbe Kraft = 2.5 m. p. s., Kurswinkel 3 Strich von vorn (Θ = 13 Strich), also $v \cos\Theta = -2.08$ m. (Der Faktor $2\pi/g$ wird genau genug = 0.64 m gesetzt.) Die einzelnen zur Beobachtung gelangenden Wellen waren sehr ungleich gut erkennbar, einige hatten recht schöne regelmässige Kämme, bei andern waren solche gar nicht zu unterscheiden. Die Reihe der 16 guten P, zwischen jedesmal je zwei ausgeprägten Kämmen gemessen, war folgende:

5.3, 5.0, 6.5, 7.0, 8.0, 7.0, 5.0, 5.0, 4.5, 5.5, 6.5, 6.0, 7.0, 6.0, 5.3, 5.0.

Daraus Mittel = 5.9ˢ. Maximum = 7.0ˢ, Minimum = 4.5ˢ.

Hieraus giebt die Formel τ = 7.0ˢ im Mittel, 5.6 und 8.2ˢ für die Extreme.

Die Wellenlänge konnte nur nach der gleichzeitigen Lage zweier Wellenkämme am Schiff geschätzt werden, ergab aber für zahlreiche Fälle etwa $^3/_4$ der Schiffslänge, also λ = rund 45 m, für andre ungefähr die halbe Schiffslänge = 30 m.

Daraus ergiebt sich eine Geschwindigkeit der Welle $\left(c = \frac{\lambda}{\tau}\right)$, wenn wir λ = 45 m, τ = 7.0ˢ setzen, zu 6.4 m. p. s.; für λ = 30 aber zu 4.3 m. p. s. Nach der Wellentheorie würde aus der Beziehung $\tau^2 = \frac{2\pi}{g}\lambda$ für λ = 45 sich τ = 5.5ˢ, für λ = 30 m aber τ = 4.4ˢ ergeben. Die

[1]) Auf die Stromkabbelungen, deren bereits in der Reisebeschreibung an verschiedenen Stellen gedacht ist, wird vermuthlich im fünften Bande dieses Werkes noch zurückzukommen sein.

Wellenlänge ist also wahrscheinlich stark unterschätzt; die Theorie würde sie (nach $\tau = 7^s$) zu 76 m berechnen lassen.

Wellenhöhen waren nicht messbar, da die Wellenkämme niemals mit der Deckfläche in ein Niveau kamen; die Höhen haben also jedenfalls 3 m nicht überschritten.

2. Am 26. Juli (in ca. $58^1/_2{}^0$ N, 41° W) hatten wir am Nachmittag einen hohen Seegang, wesentlich hervorgerufen durch die Kreuzung zweier gegen einander anlaufenden Dünungen, von denen die eine aus (missweisend) NE, die andre aus ungefähr mw. SW kam. Die Interferenzen gaben bisweilen ganz typische addirte und subtrahirte Wellenhöhen der beiden Systeme. Bei $h_1 + h_2$ wurden Höhen von 4 bis 4.5 m gefunden, bei $h_1 - h_2$ war die Meeresoberfläche ein krauses unregelmässiges Durcheinander. Da der Wind aus Osten mit Stärke 3 wehte und diesen kämpfenden Dünungen noch seinen eignen Seegang hinzufügte, war die Messung von τ unmöglich.

3. Diese Messung gelang aber theilweise am folgenden Morgen, wo der Dampfer während eines Zuges mit dem Horizontalnetz mit noch nicht halber Kraft (3 Knoten, oder 1.5 m. p. s.) gegen diese Dünung anlief (in ca. 56° 30′ N und 42° 40′ W). Um vom Bug bis zu dem Theil des Schiffs zu gelangen, der mit der vordern Brüstung der Kommandobrücke abschneidet, brauchte der in vier Fällen scharf erkennbare Wellenkamm übereinstimmend 4 Sekunden. Nach dem Schiffsplan beträgt diese Entfernung 26.5 m, die also in 4 Sekunden durchlaufen, für die Welle eine scheinbare Geschwindigkeit von 6.6 m. p. s. giebt. Hierzu kommt die Schiffsgeschwindigkeit (Kurswinkel = 16 Strich) mit ihrem vollen Betrage von 1.5 m, sodass die wahre Geschwindigkeit: $c = 8.1$ m. p. s. oder 16 Knoten stündlich wird. Weiteres zu messen verhinderte der an Kraft wachsende Nordweststurm, dessen schäumende Seen die Dünung bald verwischten.

4. Am 29. Juli war dieser stürmische Seegang zu einer sanften Dünung aus NW verblasst, die am Vormittag (in 50° 50′ N., 47° 17′ W), während das Schiff zum Fischen still lag, die Periode zu messen gestattete. Es wurden folgende 11 Werthe erhalten: 6.0, 6.0, 7.0, 6.2, 7.0, 6.3, 6.5, 5.5, 5.5, 6.0; was im Mittel = 6.1^s ergiebt. Die nach der Theorie zu berechnenden Wellenlängen würden sich darnach zu 58 m, die Geschwindigkeit zu 9.7 m ergeben; zu messen war dies nicht, da das Schiff mit dem Kiel parallel den Wellenkämmen lag.

5. Messbare Wellen wurden dann erst wieder in südlicher Breite angetroffen. Am 9. September Vormittags (in ca. 4° 15′ S, 14° 14′ W) lief der Dampfer nach missweisend SzW 8 Knoten (= 4.12 m. p. s.); neben dem mässigen kurzen Seegang aus missweisend SSE kam noch eine kräftige Dünung aus missweisend S gegen den Dampfer an (Kurswinkel $\Theta = 15$ Strich, hier = 16 zu rechnen, da die Richtung der Dünung so genau nicht zu bestimmen war). Die unkorrigirte Periode ergab sich aus 5 ganz gleichen Bestimmungen zu 9.0 Sekunden, woraus die Formel $\tau = 11.1^s$ ergiebt. Daraus lassen sich weiter $\lambda = 190$ m, $c = 17$ m. p. s. berechnen. Die Wellenlänge wirklich zu messen, misslang, da die See des Passats immer störend dazwischen kam; jedenfalls wurde konstatirt, dass die Länge dieser Dünung merklich grösser war als die Schiffslänge.

Bei dieser Dünung traten übrigens zeitweilig Erscheinungen auf, die an das »Dreigewell« (τρικυμία) erinnerten: d. h. an die von den Seeleuten seit Alters behauptete (**79**, 52) Aufeinanderfolge von je drei hohen Wellen, die durch eine Folge kleinerer getrennt sind. Mir wollte damals scheinen, als wenn gewissermassen die Interferenz der Schiffsbewegungen mit der Dünung dies hervorriefe. Das Schiff wird in Pendelungen versetzt, die es auch in ruhigem Wasser bei einer Störung seines Gleichgewichts in einer bestimmten Periode ausführt. Treffen die Hebungen des Schiffs zeitlich mit dem Wellenkamm zusammen, so werden die Schwankungen sich im gleichen Sinne algebraisch addiren. Darnach würde es sich, so meinte ich damals, überhaupt nicht um eine Eigenschaft der Wellen, sondern mehr des Schiffes handeln. Seitdem bin ich aber in dieser Auffassung wieder wankend geworden, nachdem Boergen (**80**, 10) die Entstehung von übergeordneten Wellen längrer Periode aus solcher Dünung so plausibel aus Airys Wellentheorie abgeleitet hat. Am 9. September habe ich mich aber vergeblich bemüht, die Periode dieser Gruppen hoher Wellen, d. i. den Zeitabstand von einer Gruppe zur nächsten mit der Uhr zu bestimmen; dies Intervall beträgt jedenfalls nicht blos mehrere, sondern viele Minuten. Ueberhaupt wollte das ganze Phänomen mir selbst nicht so deutlich zur Wahrnehmung gelangen, wie dem Kapitän nach seinen Aussagen; der glaubte aber auch fest an ein solches »Dreigewell«. Dass weder Lieutenant Pâris bei seinen Wellenstudien noch zahlreiche andre exakte Beobachter der Wellen von einer derartigen Erscheinung überhaupt auch nur sprechen, ist jedenfalls eine Warnung zur Vorsicht.

6. Am Strande in Ascension waren am 11. September keine »Roller« vorhanden, sonst hätten wir vermuthlich nicht landen können. Kapitän Napier bestätigte mir übrigens auf meine direkte Frage, dass die am flachen Sandstrand sich brechenden Wellen keine »Roller« waren. Die am Morgen des 11. September sich hier brechende Dünung hatte eine sehr regelmässige Periode von 9 Sekunden und stand damit schon über dem Normalwerth für den Südostpassat, der nach Pâris nicht einmal ganz 6^s beträgt, während dem Gebiet der stürmischen Westwinde südlich von 40° S. Br. solche von 9 bis 10^s zukämen. Aus diesem südlichsten Theil des Atlantischen Oceans würde man also sowohl diese Dünung wie die vom 9. September ableiten dürfen.

7. Während wir am 20. und 21. September nahe am Aequator vor dem Passat her nach Westen steuerten, bot sich Gelegenheit, das Wachsen der Wellen beim Fortschreiten des Schiffs und zunehmender Windstärke zu beobachten. Es ist das die einzige Gelegenheit der Art gewesen, die ich auf der ganzen Fahrt angetroffen habe, und sie war nicht einmal besonders günstig. Am 20. September Nachmittags (in ca. 1° 30′ S. Br., 39° 10′ W. L.) waren bei Windstärke 4 die Wellenhöhen nicht über 2. die Wellenlängen nicht über 10 m. Nun frischte über Nacht der Passat zu Stärke 6, zeitweilig 7 auf. Etwa 18 Stunden später am 21. Vormittags (in ca. 1° S. B., 41° 20′ W. L. oder rund 125 Seemeilen von der vorigen Position entfernt) waren die Wellenhöhen zwar gewachsen, aber jedenfalls nicht über 3 m, die Längen aber desto mehr bis 30 m oder der halben Schiffslänge. Eine seitliche Dünung von Norden her trat am 21. dann und wann störend auf.

Nach dem von mir an andrer Stelle (**79**, 72) gegebnen Nachweis scheint allgemein die Wellenhöhe bei schwächern Winden (unter 4 Bf. oder 7 m. p. s.) erst schnell, bei stärkern

merklich langsamer, und zuletzt nur sehr wenig, nach einer hyperbolischen Kurve zuzunehmen, und diese Kurve scheint sich bei den höhern Windstärken mehr und mehr ihrer Asymptote anzuschliessen. Dagegen wächst die Wellenlänge stetiger. Lieutenant Pâris sah in 4 Tagen oder rund 100 Stunden im Osten des Kaps der Guten Hoffnung in Folge starker Weststürme, die die Zwischenzeit hindurch mit auffallender Regelmässigkeit andauerten, die Höhe der Wellen nur von 6 auf 7 m steigen, während ihre Länge am ersten Tage 113 m, am vierten aber 235, also mehr als das Doppelte erreichte. Wir unsrerseits sahen, während der Passat von 7 m auf 12 m p. s. anstieg, die Wellenhöhen nur um ein Drittel, die Wellenlängen aber auf das Dreifache anwachsen. Zu einer weitern Untersuchung des Problems: wie die Wellenmaasse von der Windstärke abhängen, scheint das vorliegende Material mir noch nicht hinzureichen. Ich verzichte nach reiflicher Ueberlegung insbesondre auch darauf, mich mit den von Boergen (**80**) an der Hand von Pâris' Beispiel entwickelten Formeln näher zu beschäftigen. So verlockend seine Ergebnisse auf den ersten Blick erscheinen, um so weniger halten sie einer Kritik stand, die das rein Willkürliche grade der entscheidenden Annahmen nicht vergisst.[1])

8. Als wir am 22. September gleich nach Mittag (am Aequator in etwa 44° 40′ W. L.) die brasilische Küstenbank erreichten, was durch Aenderung der Wasserfarbe sofort erkennbar war, wurde der Seegang zwar etwas unregelmässiger, aber doch blieb die Fortwirkung der am Tage vorher gemessnen Wellen deutlich erkennbar. Die Höhen waren hier = 3 m, die Länge = 30 m, die Periode P dieser frischen »Dünung« war nach mehreren übereinstimmenden Messungen 8 Sekunden. Da der Dampfer $6^2/_3$ Knoten = 3.48 m. p. s. nach Westen lief, während der Seegang von ESE kam, war $\Theta = 2$ Strich, also ist darnach die wahre Periode $\tau = 4^s$ zu berechnen. Aus den Wellenformeln lässt sich für diesen Werth von τ die Wellenlänge zu 25 m, die Geschwindigkeit zu 6 m. p. s. finden, welche Berechnung in diesem Falle noch erlaubt ist, da die Wassertiefe damals jedenfalls grösser als die Wellenlänge war; die Seekarte lässt sie auf 50 bis 60 m annehmen. Die berechnete und gemessne Wellenlänge stimmen ja auch noch leidlich überein.

An diesem Nachmittage aber schienen wieder in Zwischenräumen von einigen Minuten höhere Wellen aufzutreten, was uns damals besonders leicht bemerkbar werden musste, da, wie in der Reisebeschreibung (A, 211/216) erwähnt, die Schraubenwelle in ihrer Bettung locker geworden war und von jeder stärkeren Woge zu einem laut stossenden, das ganze Achterschiff erschütternden Geräusch veranlasst wurde. Diese glücklich-unglückliche Gelegenheit benutzend, stellte ich eine Reihenfolge höherer Wellen fest. Solche traten zu folgenden Uhrzeiten auf:

$$1^h\ 20^m\ \underbrace{50^s};\underbrace{23^m}\ \underbrace{35^s};\underbrace{26^m}\ \underbrace{50^s};\underbrace{30^m}\ \underbrace{0^s};\underbrace{31^m}\ \underbrace{20^s};\underbrace{32^m}\ \underbrace{30^s};\underbrace{35^m}\ \underbrace{0^s};\underbrace{38^m}\ \underbrace{30^s};\underbrace{41^m}\ 30^s.$$

$$\text{Intervall} = 2^m 45^s \quad 3^m 15^s \quad 3^m 10^s \quad 1^m 20^s \quad 1^m 10^s \quad 2^m 30^s \quad 3^m 30^s \quad 3^m 0^s.$$

Die Intervalle können den Anschein erwecken, als wenn das vierte und fünfte ($1^m 20^s$, $1^m 10^s$) vielleicht vereinigt werden müssten: ihre Summe von $2^m 30^s$ passte dann viel besser zu den übrigen. Da die zugehörige Periode der Wellen = 8 Sekunden (hier ist natürlich P zu be-

[1]) Ich komme nicht darüber hinweg, den Werth t_1 bei Boergen, der die Zeit vom Ursprung der Wellenbildung bis zur ersten Messung durch Pâris zu 10 Stunden ansetzt, für gradezu widersinnig zu erklären. Man wird der Sache doch wohl auf irgend einem andern Wege beikommen müssen.

nutzen, da auch die andern Angaben die Schiffsbewegung enthalten), so erhalten wir dann als muthmaassliche Zahl der Wellen, die von einer »höchsten Welle« zur nächsten vorüber liefen:

16, 24, 24, 19, 19, 26, 22, im Mittel = 21 Wellen.

Darnach wäre also jede 21. Welle die höchste gewesen. Wir können aber mit ebensoviel Berechtigung annehmen, ich hätte in meiner Reihe der Intervalle das vierte und fünfte richtig beobachtet und bei den andern immer eine Schwellung überschlagen, da der Stoss der Schraube vielleicht nicht stark genug gewesen sei. Stellen wir uns auf diesen Standpunkt, so erhielten wir die Hälfte der Wellenzahl, also eine Gruppe von rund zehn Wellen als durchschnittlichen Abstand einer Schwellung von der nächsten. Darnach wäre also wirklich einmal, wie die römischen Schiffer einst geglaubt haben (**79**), richtig »die zehnte Welle die höchste« gewesen und der *fluctus decumanus,* die längst vergebens gesuchte *decima unda,* auf der brasilischen Küstenbank durch die schadhafte Schraube unsres NATIONAL entdeckt! Ich bin aber weit davon entfernt, nun gläubig mit Ovid (Trist. 1, 2, 48) fortan zu sagen:

qui venit hic fluctus fluctus supereminet omnes:
posterior nono est undecimoque prior.

9. Am 20. Oktober, in 30° 49′ N. L., 30° 53′ W. L., während der Dampfer beim Fischen quer auf einer schönen regelmässigen Dünung (aus NW) trieb, mass ich folgende Wellenperioden:

13, 11, 12, 16, 10, 11, 14, 11, 8, 11, 11, 12, 10, 9, 10, 10, 9, 13, 10, 11, 9^s

Das Mittel aller 21 Einzelwerthe giebt 11.0 Sekunden. Längen zu messen war bei der Lage des Schiffs nicht möglich; die Berechnung ergiebt sie zu 190 m, was wie die Periode ganz zu den grossen Sturmwellen dieser Jahreszeit im Gebiete nordöstlich von den Neufundlandbänken passen würde.

10. Am 1. November Vormittags (in 48° N. Br., 10° W. L.), eben bevor wir die »Gründe vorm Kanal« betraten, wurden in dem gewaltigen Seegang von NW mehrfach Wellenhöhen gemessen. Die meisten betrugen nach Einstellungen des Auges an der Kommandobrücke rund 5 m, einzelne gingen aber bis 6 und 6.5 m; das Aneroid gab bei den heftigen Schiffsschwankungen keine brauchbare Ablesung. Längen zu messen gestattete der Kurs nicht, die Periode zu bestimmen misslang, da keine zwei deutlich ausgeprägten Wellenkämme auf einander folgten. —

Das ist Alles, was ich an Wellenmaassen heimgebracht habe. Mögen Andre glücklicher sein, die in unruhigerer Jahreszeit desselben Weges fahren sollten!

Nachtrag zu Seite 20.

Streicht man den Skalenwerth $5^1/_2$ Beaufort als selbständige Gruppe und legt man die beiden im Text dazu gerechneten Beobachtungen zum Skalentheil 5 Bf., so wird die mittlere Windgeschwindigkeit für $\beta = 5$ nunmehr $w = 9.2$ m, und die empirische Formel

$$w = 1.45\,\beta + 0.078\,\beta^2,$$

was der Formel aus den GAZELLE-Beobachtungen (S. 22) merklich sich nähert. Auch der »durchschnittliche« Fehler vermindert sich auf $\pm$ 0.14, der »wahrscheinliche« auf $\pm$ 0.20. Die aus dieser so verbesserten Formel für die höhern Werthe von β berechneten w passen recht gut zu den beobachteten: $\beta = 9$, giebt $w = 19.4$, $\beta = 10$ $w = 22.3$ m. p. s.

Literaturverzeichniss.

1. Die Forschungsreise S. M. S. Gazelle, herausgegeben vom Hydrographischen Amt. Berlin 1890. Bd. 5, Meteorologische Beobachtungen.
2. Köppen, Annalen der Hydrographie 1892. S. 69; vgl. 1890, S. 2 und 69: 1889, S. 365.
3. P. van der Stok, Deutsche Meteorologische Zeitschrift 1891, 196.
4. A. v. Humboldt, Kosmos.
5. W. M. Davis, Deutsche Meteorologische Zeitschrift 1885, S. 137.
6. Lord Abercromby in Quarterly Journal of the R. Meteorological Society, vol. 14, 1888, p. 281 ff. und Seas and Skies in many latitudes, London 1888, p. 427. Vgl. Met. Ztschr. 1889, 358.
7. Segelhandbuch für den Atlantischen Ocean, herausgeg. von der Seewarte, Hamburg 1885, S. 92.
8. Challenger Reports. Physics and Chemistry. vol. II. 1889.
9. Sprung, Deutsche Meteorol. Ztschr. 1890, S. 172.
10. Report of the Smithson. Institution, for 1857, Washington 1858, p. 182 ff.
11. Poëy, les courants atmosphériques d'après les nuages. Paris 1882, p. 79 ff.
12. A. Mühry. Untersuchungen über die Theorie und das allgemeine geograph. System der Winde, Göttingen 1869, S. 70, 226; Zeitschrift der österr. Ges. für Meteorologie 1874, S. 36.
13. M. Wagner, Ausland 1868. S. 625 und 651.
14. Reiss, Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 1873, S. 85, sowie briefliche Mittheilungen.
15. Journal of the R. Geogr. Society, vol. 5, 2, 1836, p. 387 und Philosophical Transactions 1836, p. 29.
16. K. B. Heller in Petermanns Mittheilungen 1857, Tafel 16.
17. Hann, Zeitschr. der österr. Ges. für Meteorol. 1879, S. 34.
18. Vettin, Deutsche Meteorol. Zeitschr. 1884, besonders Tafel 5.
19. Annalen der Hydrographie 1889, S. 212.
20. Geographisches Jahrbuch Bd. 13, S. 12; Bd. 15. S. 17.
21. Notices to Mariners (Washington) 1889, Nr. 45. p. 571.
22. Hamberg in Bihang till Kongl. Svenska Vetensk.-Akad. Handlingar, Band 9. Nr. 16 (1884).
23. Proc. R. Geogr. Soc., vol. 20. 1876, p. 65.
24. Challenger Reports, Physics and Chemistry, vol. I, London 1883.
25. Die Forschungsreise S. M. S. Gazelle, Bd. 2, Berlin 1889.
26. Buchanan in Scottish Geographical Magazine, vol. IV, 1888, p. 177 und 233.
27. Annalen der Hydrographie 1884, S. 513.
28. Krümmel in Zeitschr. für wissensch. Geographie 1887. S. 38 f. und Oceanographie II, 412.
29. Krümmel, Oceanographie II, S. 312 f.
30. Krümmel in den Annalen der Hydrographie 1890, Heft 10: und separat: Ueber den Gebrauch des Aräometers an Bord zur Bestimmung des specifischen Gewichts des Seewassers, Berlin 1890.

31. Hubbard in Maurys Sailing Directions vol. I, Kap. 17, p. 237.
32. Professor Ekman in Kgl. Vetenskaps Akad. Handlingar, IX, Stockholm 1870.
33. Thorpe und Rücker in Philosophical Transactions, vol. 166, part. 2, London 1877, p. 405.
34. Tornöe in Norske Nordhavs Expedition. Chemi, I. Christiania 1880.
35. Rossetti in Poggendorffs Annalen, Erg. Bd. V, S. 258.
36. Volkmann in Wiedemanns Annalen, Bd. 14, S. 188.
37. Makaroff, Ueber die Bestimmung des specifischen Gewichts des Seewassers im Journal der Physiko-Chemischen Gesellschaft in St. Petersburg, Bd. 23, 1891, S. 1—64; und »Einige Bemerkungen über die Aräometer des Witjas«, ibid. (Beides in russischer Sprache.)
38. Bouquet de la Grye in Annales de chimie et physique, 5me Série, vol. 25, Paris 1882, p. 433.
39. J. Thoulet, ebenda 6me Série, vol. 14, Paris 1888, p. 314.
40. O. Pettersson in Vega Expeditionens vetenskapliga Iakttagelser, Bd. II, Stockholm 1883, S. 327.
41. O. Jacobsen im I. Jahresbericht der Kommission zur wiss. Untersuchung der deutschen Meere, Berlin 1873, S. 37—56.
42. O. Pettersson und Gustav Ekman in Kgl. Svenska Akad. Handlingar, Bd. 24, Stockholm 1892, Nr. 11.
43. G. Forchhammer, Om Sövandets Bestanddele og deres Fordeling i Havet, Kjöbenhavn 1859.
44. H. A. Meyer, Untersuchungen über physikalische Verhältnisse des westlichen Theils der Ostsee. Kiel 1871, S. 17 ff. Vgl. Poggendorffs Annalen Bd. 101, 1857, 577; Mém. Acad. St. Pétersb. 1868, XI, Nro. 15.
45. Hilgard, *An Optical Densimeter* in U. S. Coast Survey Report for 1877, Append. X.
46. E. Abbe, Jenaische Zeitschr. für Naturwissenschaft, Neue Folge Bd. 1, 1874, S. 96 f. und Abbildung 8. Ich citire die Seiten des Separatabdrucks.
47. Die Vertheilung des Salzgehalts an der Oberfläche des Nordatlant. Oceans, in Petermanns Mittheilungen 1890, S. 174 und Tafel 13.
48. E. Lentz in Mémoires de l'Acad. Imp. des Sciences de St. Petersb., 6me série, t. 1, p. 293.
49. Die Internationale Polarforschung. 1882/83. Die deutschen Expeditionen. Geschichtlicher Theil, Bd. 1, Anhang S. 83 f. Berlin 1891.
50. Saussure in Grens Journal der Physik für 1792, S. 96.
51. A. v. Humboldt, Reise in die Aequinoktialgegenden, Stuttgart und Tübingen 1815, S. 384, 414.
52. Forel in Rendiconti del R. Instituto Lombardo, ser. II, vol. 22, fasc. 17, Mailand 1889.
53. Hüfner und Albrecht in Wiedemanns Annalen 1891, Bd. 43, S. 1.
54. Aitken, Proceed. of the Edinburgh Society 1882, vol. 11, p. 472 und 637.
55. Fol in Comptes rendus de l'Ac. de Paris, vol. 110, 1890, p. 1079.
56. H. W. Vogel in Poggendorffs Annalen 1875, Bd. 6, S. 325.
57. F. Oltmanns in Pringsheims Jahrbüchern für wissensch. Botanik, Bd. 23, 1892, S. 420 ff.
58. Krümmel in Annalen der Hydrographie 1889, S. 67 f.
59. Thoulet in Annales des Mines, Janv. Févr. 1891.
60. Scheerer in Poggendorffs Annalen 82, 1851, S. 419 und Franz Schulze Bd. 129, 1866, S. 368.
61. Brewer, Memoirs of the National Academy of Sciences. Philadelphia 1883, S. 185 f.
62. Annalen der Hydrographie 1885, S. 385.
63. Spring im Bulletin de l'Acad. de Belgique 1883, tome 5, p. 55 und 1886, tome 12, p. 814.
64. Annales de chimie et de physique 1848, tome 23, p. 32.
65. Sitzungsber. Kgl. bayr. Akad. München 1860, S. 603.
66. Thoulet in Comptes rendus Acad. Paris 1889, vol. 108, p. 753.
67. Rodman, Report on Ice and Ice Movements in the North Atlantic Ocean. Washington 1890.
68. J. C. Ross, Reise in die südlichen Meere (deutsche Ausgabe) Stuttgart 1853, S. 310.
69. Beiträge zur Geographie des festen Wassers. Leipzig 1891, S. 248.
70. Varenii Geographia generalis, Amstelod. 1650, p. 173.
71. Imray, North Pacific Pilot, London 1881, vol. I, p. 123.
72. Annalen der Hydrographie 1883, S. 749.

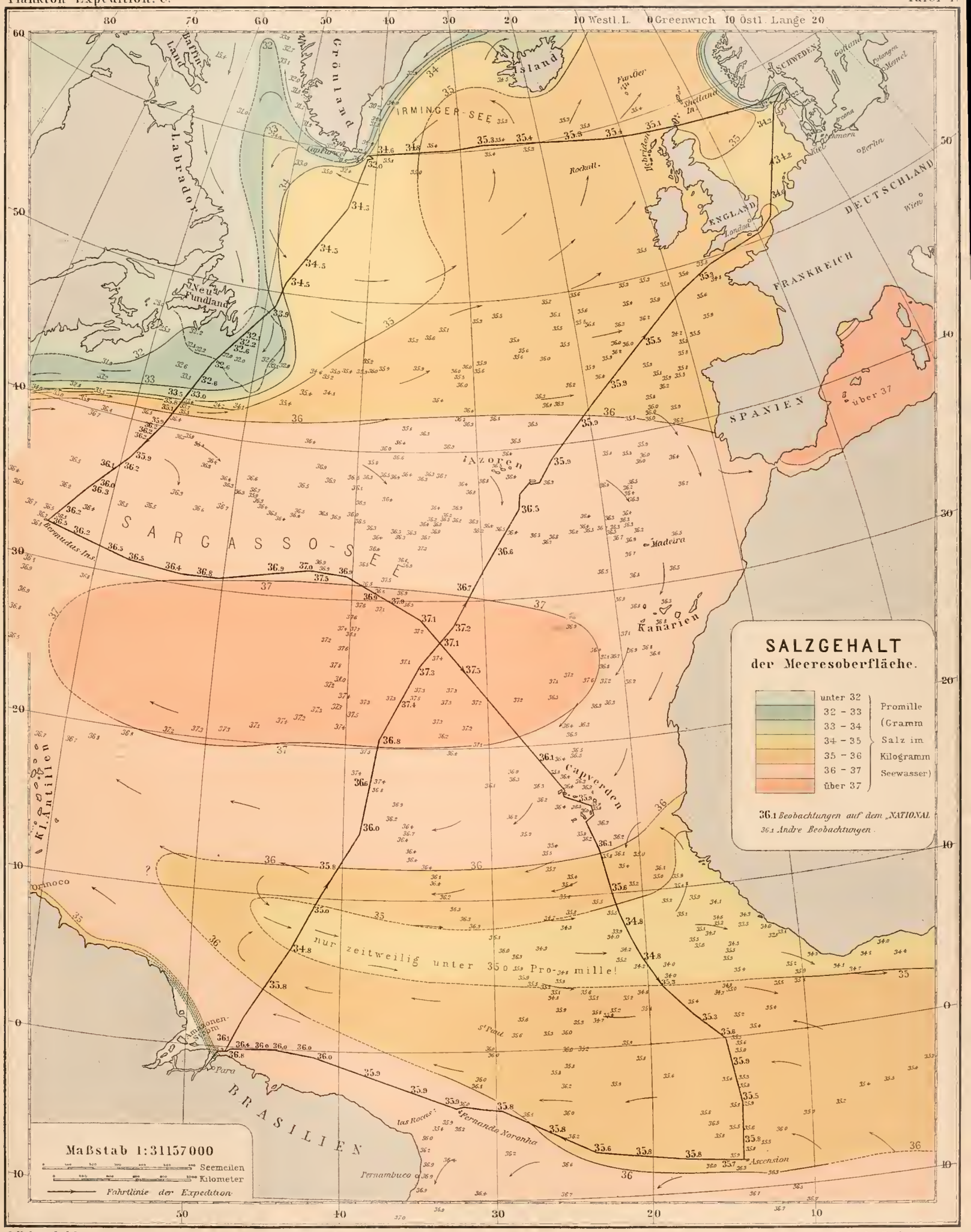
73. Remarks to accompany monthly charts of meteorological data for nive Ten-Degree-Squares etc. London 1876, p. 198, 291, 415, 456.
74. Petermanns Mittheilungen 1869, S. 21.
75. Nature, vol. 45. 1892, p. 184.
76. Annalen der Hydrographie, 1885, S. 439; 1886, S. 96.
77. Bericht von S. M. S. Vineta in Annalen der Hydrographie 1876, S. 493.
78. Buchanan in Proceed. of the R. Geograph. Society of London, 1886, p. 767.
79. Krümmel, Oceanographie II, 1887, Kap. 1.
80. Boergen in Annalen der Hydrographie, 1890, S. 1.

BIOLOGICAL LABORATORY
WOODS HOLE
LIBRARY
MASS.

Inhaltsverzeichniss von Abtheilung C.

	Seite
Einleitung	3
I. Theil. Meteorologische Beobachtungen	7
§ 1. Beobachtungen mit dem Anemometer	7
§ 2. Beobachtung der obern Wolken	23
§ 3. Einige Bemerkungen über die Rossbreiten und über den Seewind bei Pará	41
II. Theil. Oceanographische Beobachtungen	51
§ 4. Tiefseelotungen	51
§ 5. Tiefseetemperaturen	52
§ 6. Beobachtungen des Salzgehalts	62
§ 7. Untersuchungen über die Farbe der Meere	89
§ 8. Beobachtungen über Wellen	110
Nachtrag zu Seite 20	115
Literaturverzeichniss	116

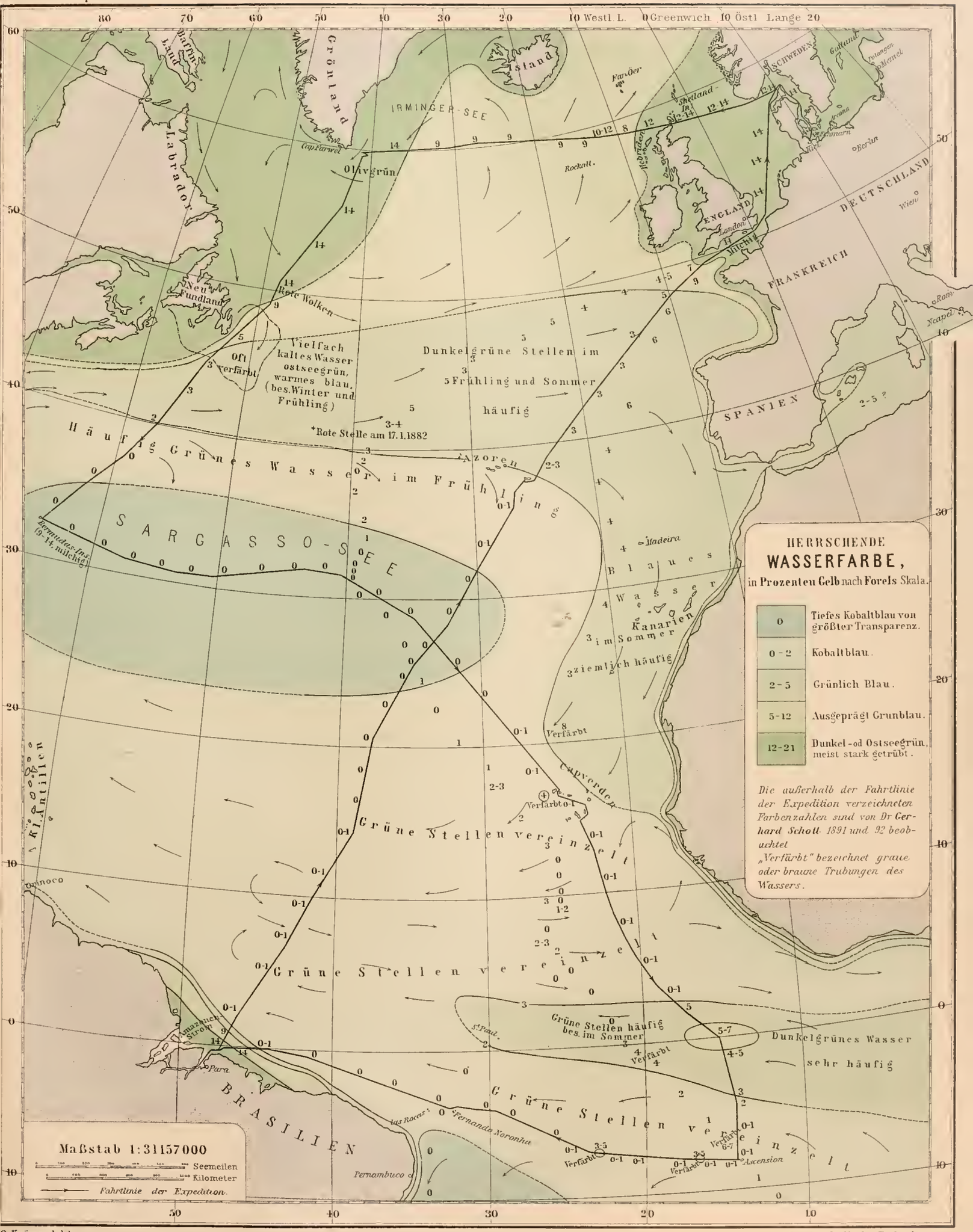
Druck von A. Hopfer in Burg.



O. Krümmel del.

Verlag von Lipsius & Tischer - Kiel u. Leipzig.
Geograph. Anstalt von Wagner & Debes, Leipzig

Geophysikalische Beobachtungen.



HERRSCHENDE WASSERFARBE,

in Prozenten Gelb nach Forels Skala.

0	Tiefes Kobaltblau von größter Transparenz.
0 - 2	Kobaltblau.
2 - 5	Grünlich Blau.
5 - 12	Ausgeprägt Grunblau.
12 - 21	Dunkel - od Ostseegrün, meist stark getrübt.

Die außerhalb der Fahrtlinie der Expedition verzeichneten Farbenzahlen sind von Dr Gerhard Schott 1891 und 92 beobachtet
„Verfärbt" bezeichnet graue oder braune Trubungen des Wassers.

Maßstab 1:31157000

Seemeilen
Kilometer
Fahrtlinie der Expedition.

O Krümmel del.

Verlag von Lipsius & Tischer - Kiel u. Leipzig.
Geograph. Anstalt von Wagner & Debes, Leipzig

Geophysikalische Beobachtungen.

Im gleichen Verlage erschien:

Die

Plankton-Expedition

und

Haeckels Darwinismus.

Ueber einige Aufgaben und Ziele der beschreibenden Naturwissenschaften.

Von

Victor Hensen,

Professor in Kiel.

Mit 2 Steindrucktafeln. Preis elegant brochirt M. 3.—.

Diese erste z. Z. einem grösseren Leserkreise dargebotene Veröffentlichung dürfte als Entgegnung auf die Haeckel'sche Schrift: „Plankton-Studien", in der er die Expedition schon vor der Bekanntgabe ihrer Ergebnisse in Misskredit zu bringen versucht, auch jetzt noch von hohem Interesse sein.

Das

Pflanzenleben der Hochsee.

Von

Dr. Franz Schütt,

Privatdocent an der Universität Kiel.

10 Bogen Quartformat mit einer Karte. — Preis Mk. 7.—.

Ueber die Struktur der Tintinnen-Gehäuse.

Von

Richard Biedermann.

5 Bogen Quart mit 3 Tafeln. — Preis Mk. 2.—.

Im Verlage von

Lipsius & Tischer in Kiel und Leipzig

ist ferner erschienen:

Die Heimat. Monatsschrift des Vereins zur Pflege der Natur- und Landeskunde in Schleswig-Holstein, Hamburg und Lübeck. Jahrgang I. 1891, 12 Hefte, 3 M. Jahrgang 1892 im Erscheinen.

Hensen, Victor, Professor in Kiel. Die Plankton-Expedition und Haeckel's Darwinismus. Ueber einige Aufgaben und Ziele der beschreibenden Naturwissenschaften. Mit 12 Tafeln Preis M. 3.—.

Junge, Friedr., Hauptlehrer in Kiel, Naturgeschichte. **Erster Theil:** Der Dorfteich als Lebensgemeinschaft, nebst einer Abhandlung über Ziel und Verfahren des naturgeschichtlichen Unterrichts. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Preis M. 2.80; gut gebunden M. 3.60.

Zweiter Theil: Die Kulturwesen der deutschen Heimat. Eine Lebensgemeinschaft um den Menschen.
Erste Abtheilung: Die Pflanzenwelt. Preis M. 3.—; gut gebunden M. 3.80.

Knuth, Dr. **Paul,** Grundzüge einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt in Schleswig-Holstein. Gemeinfasslich dargestellt. Preis M. 1.20.

— —, Die Pflanzenwelt der nordfriesischen Inseln. Gemeinverständlich dargestellt. Preis M. 1.—.

— —, Geschichte der Botanik in Schleswig-Holstein. Theil I und II compl. in einem Bande. Preis M. 5.60.

— —, Blumen und Insekten auf den nordfriesischen Inseln. (Unter der Presse.)

Haas, Dr. **Hippolyt J.,** Professor an der Universität Kiel, Die geologische Bodenbeschaffenheit Schleswig-Holsteins mit besonderer Berücksichtigung der erratischen Bildungen in ihren Grundzügen. Für die Gebildeten aller Stände gemeinfasslich dargestellt. Mit 31 Abbildungen im Text.
Preis geh. M. 3.—; gebunden M. 4.—.

— —, Beiträge zur Kenntniss der liasischen Brachiopodenfauna von Südtirol und Venetien, mit 4 lith. Tafeln. Preis M. 12.—.

— —, Warum fliesst die Eider in die Nordsee? Ein Beitrag zur Geographie und Geologie des Schleswig-Holsteinischen Landes. Mit einer Kartenskizze. Preis M. 1.—.

Lehmann, Dr. **J.,** Prof. an der Universität Kiel, Mittheilungen aus dem mineralogischen Institut der Universität Kiel. Bd. I, Heft 1, Preis M. 4. Bd. I, Heft 2, Preis M. —.75. Bd. I, Heft 3, Preis M. 1.50. Bd. I, Heft 4, Preis M. 6.25.

— —, Untersuchungen über die Entstehung der altkrystallinischen Schiefergesteine mit besonderer Bezugnahme auf das sächsische Granulitgebirge, Erzgebirge, Fichtelgebirge und bairisch-böhmische Grenzgebirge. Mit fünf lithogr. Tafeln und einem Atlas. Preis M. 75.—.

Michaelsen, Dr. **W.,** Untersuchungen über Enchytraeus Möbii Mich. und andere Enchytraeiden. Preis M. 1.20.

Schack, Dr. **Friedr.,** Anatomisch-histologische Untersuchung von Nephthys coeca Fabricius. Ein Beitrag zur Kenntniss der Fauna der Kieler Bucht. Preis M. 2.—.

Druck von A. Hopfer in Burg.